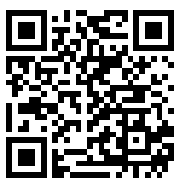
This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

Google™ books

https://books.google.com



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

+ *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.

+ *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.

+ *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.

+ *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertati di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

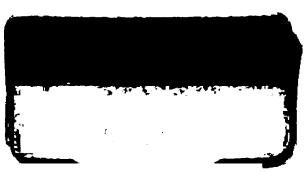
Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da `http://books.google.com`

N. d'ordine
Sezione...
Sesto .....
Scaffale...
Palchetto

Digitized by Google

ROMA
UNIVERSITÀ
MATEMATICA
BIBLIOTECA
II
MAG.



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

IL NUOVO CIMENTO

ANNO VIII.

Digitized by Google

Digitized by Google

IL NUOVO CIMENTO

GIORNALE DI FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

DIRETTORI

C. MATTEUCCI, R. PIRIA, G. MENEGHINI

COLLABORATORI

S. CANNIZZARO, F. DE FILIPPI, S. DE LUCA
G. B. DONATI, R. FELICI, G. GOVI, L. PACINOTTI
P. E P. SAVI, Q. SELLA, C. STUDIATI.

COLLABORATORE E REVISORE
A. FORTI

Tomo XV.

Inv. 1403/18

1862

TORINO
PRESSO I TIPOGRAFI-LIBRAI
G. B. PARAVIA E C.ia

PISA
PRESSO IL TIPOGRAFO-LIBRAIO
F. PIERACCINI

Digitized by Google

Digitized by Google

SUL MECCANISMO DELLA VISIONE; MEMORIA DI ANGELO VITTADINI PROFESSORE DI FISIOLOGIA NELLA R. UNIVERSITA' DI PAVIA.

Negli anni 1853, 1854, 1855 io pubblicava diverse scritture collo scopo di dimostrare che nella visione non pingesi sulla retina imagine capovolta. La sentenza contraria, base della teoria sulla visione, che pubblicò il sommo Kepler, ritiensi dal numero maggiore dei dotti come provata verità, da pochi come verosimile, da pochissimi come cosa dubbia. La teoria di Kepler appoggia ad alcune verità provate dai fenomeni che presenta la camera oscura; ma nell'applicazione delle deduzioni dalla camera oscura all'occhio vivo sorgono gravi difficoltà, che fisici, fisiologi, e filosofi tentarono con maggiore, o minor fortuna di risolvere.

La ricerca del perchè una teoria dedotta da fatti verissimi lasciasse molto a desiderare per rendere soddisfatto l'osservatore nella sua applicazione alla vista, mi obbligò ad una serie di svariati esperimenti, moltissime volte ripetuti, e con pertinace pazienza. Questa continuata fatica mi portò al convincimento, che quella teoria non eccedeva i confini del verosimile, ed in fine fui persuaso, che abbisognasse di una rettifica. Tale persuasione nacque in me per la costante risultanza di multiformi esperimenti; per la costante risultanza del calcolo, e venne assodata dal riflesso, che colla teoria di Kepler l'oc-

Digitized by Google

chio viene collocato in una condizione affatto eccezionale in confronto a tutti gli altri sensi esterni. Esso dovrebbe infatti avere sulla retina dipinto con imagine determinata e reale tutto ciò, che il sensorio comune percepisce per mezzo dell'apparato visivo; come pingesi con imagine determinata e reale sullo schermo della camera oscura ciò a cui essa viene applicata. In ogni senso esterno la sensazione del relativo oggetto è l'effetto composto *dell'azione* di esso oggetto sulla parte periferica dell'organo di senso, e *della reazione attiva* di tutto l'apparato sensitivo corrispondente e del sensorio comune. Nella superficie periferica degli organi dei sensi esterni non vi può essere il risultato finale della reazione attiva dell'apparato sensitivo, e del sensorio comune indotta dall'eccitamento dell'oggetto esterno.

Tutto ciò io feci conoscere ne' miei precedenti scritti; ma i posteriori progressi della scienza mi offrono oggidì nuovi argomenti, e nuovi fatti in conferma di quanto già pubblicava. L'invenzione dell'ottalmoscopo diede alla Fisiologia un mezzo per rilevare lo stato interno del fondo dell'occhio, e per avere una prova diretta, che nell'atto della visione ordinaria non pingesi imagine capovolta sulla retina. La scoperta dei fenomeni fosfenici pose la Fisiologia in un nuovo campo di osservazioni sul fatto della visione, e della sua teoria. La scoperta dello stereoscopo diede altra arma contro la teoria Kepleriana, e fece nascere la necessità dello studio della visione binoculare.

L'insieme delle nuove argomentazioni e di quanto già scrissi, e che colla massima brevità qui riassumo, offre un tutto non indegno a mio parere dell'attenzione dei dotti.

In questa Memoria esporrò dunque:

1.° Come sia nata la teoria di Kepler.

2.° Dirò dell'inesattezza del confronto dell'occhio colla camera oscura.

3.° Dimostrerò, che l'impressione fatta sulla retina in senso inverso alla posizione dell'oggetto visibile non inchiude la necessità, che si formi imagine reale sulla retina.

4.° Conchiuderò colla esposizione del come si veggono distinti gli oggetti senza che vi sia sulla retina la loro reale dipintura.

Digitized by Google

I.

Come sia nata la teoria di Kepler.

Conobbero gli antichi, che nella visione deve avvenire un contatto dell'occhio cogli oggetti veduti mediante un che frapposto tra l'occhio e gli oggetti, Non conoscendo in che veramente questo essere intermediario consistesse essi abbandonaronsi ad ipotesi. Supposero alcuni con Empedocle e Democrito, che dai corpi luminosi scorresse un fluido all'occhio; supposero altri coi Platonici, che la luce fosse una emanazione dell'occhio, che andasse a toccare gli oggetti. Queste due credenze tenevano divisi ancora nel secolo decimosesto fisici e fisiologi, e si deve al Napoletano Gian Battista Porta la dimostrazione, che noi vediamo per luce che entra nell'occhio. La scoperta di questa verità è tutta sua. Trovandosi egli in una camera colle imposte chiuse vide da un foro entrare luce, che segnava sulla parete opposta l'imagine capovolta delle persone che passavano per via, e si pose a meditare sul fenomeno. Appose una lente biconvessa a quel foro, e vide apparire più chiare, e più distinte le forme, e i colori. Dopo molti esperimenti, ed osservazioni conchiuse *veder noi per luce, che entra, e non per luce, che esce dall'occhio nostro.*

Tale scoperta, che oggidì non sembra gran cosa, rimosse un grave ostacolo al progresso della cognizione del meccanismo della visione. L'importanza ne fu sentita dallo stesso Kepler, che ne divenne entusiasta. *Equidem beasti nos, excellens naturæ mysta*, così egli scrive al Porta, *lite illa dirempta, receptione an emissione fiat visio?..... tu unus, et animadvertisti, et percoluisti, et publicum fecisti cum dignitate, ut pro scientia, et amore, qui in te est, naturæ mysteriorum disputationi utilissimæ accomodares. Itaque quod me attinet, habes admiratorem, et praedicatorem tui nominis non ingratum* (1).

Ingiustizia è nella bocca di chi osò dire questa scoperta non essere, che opera del caso. Il caso fece cadere l'occhio

(1) Kepler ad Vitellionem paralipomena etc. Francofurti MDCIV. pag. 209, lin. 19.

Digitized by Google

del Porta sulle figure dipinte a rovescio sulla parete della camera; ma fu il suo genio, che seppe meditare su quel fenomeno, farne ingegnose esperienze, e dedurne logicamente la verità. Sì, al genio di Porta la scienza deve moltissimo: a lui deve la cognizione, che la visione si opera per luce entrante nell'occhio: a lui la cognizione, che se da un foro entra luce, dove questa va a battere, ivi si rappresenta imagine capovolta: a lui devesi l'invenzione della camera oscura pel cui mezzo si operano a' nostri giorni le meraviglie del Dagherrotipo, e della fotografia. Anche la prima idea della visione operata nel modo, che la luce presenta nella camera oscura devesi al Porta. Questi nella sua Opera: Magiæ naturalis lib. XVII. cap. VI. Napoli MDLXXXVIII, così s'esprime. *Hinc philosophis, et opticis patet, quonam fiat visio loco, ac intromittendi dirimitur quæstio, sic antiquitus exagitata, nec alio unquam artificio demonstrari poterit. Intromittitur idolum per pupillam fenestræ foraminis instar, vicemque obtinet tabulæ crystallinæ sphæræ portio in medio oculi locata, quod scio ingeniosis maxime placiturum.*

Ecco il primo confronto dell'occhio colla camera oscura. Il foro della pupilla è paragonato al foro della finestra, e la lente cristallina alla tavola di essa camera.

Nè il lettore si maravigli, che quel grand'uomo ritenesse la lente cristallina come il rappresentante della parete su cui pingesi l'imagine. Il Porta aveva l'idea preconcepita, che la sede della visione fosse la lente cristallina; così in quel tempo tutti credevano. Tutti ritenevano in allora per inappuntabile l'insegnamento di Galeno, che la retina terminando alla lente cristallina, questa medesima lente fosse l'estremità dell'espansione nervosa, e dietro Galeno tutti ripetevano la lente cristallina essere la sede della visione.

Kepler giunse a dimostrare, che essa lente è un corpo diafano; ad essa assegnò per uso la refrazione dei raggi alla retina, onde rappresentarvi le imagini degli oggetti = *Crystallinus humor est lens convexa, forma hyperbole, et retiformis tunica spiritibus plena post crystallinum est papyri vice, et pinguntur in ea visibilia pictura reali* = (1).

(1) Kepler. Dioptrice (1611) pag. 22.

Digitized by Google

Il confronto della camera oscura coll'occhio venne così migliorato dal Kepler, da cui prese poi nome la teoria tuttora vigente della visione. In Kepler bisogna adunque riconoscere grandi meriti. Primieramente per aver egli sentita tutta l'importanza della scoperta del Porta: in secondo luogo per averne assunte le difese, onde scrisse la voluminosa sua Opera: *Ad Vitellionem paralipomena etc*: in terzo luogo (e quì sta il più importante) per aver dimostrata la falsità della credenza di quei tempi, che la lente fosse la sede della visione, mentre la sede è piuttosto nella retina, come egli sostenne.

Gli esperimenti poscia fatti coll'occhio di bue, coll'occhio artificiale, e coll'occhio di conigli bianchi, nei quali tutti vedesi nella parete posteriore l'imagine rovesciata della fiamma della candela, posero l'ultimo suggello a questa teoria, sicchè senz'altro si ritenne, più che verosimile, vera dai fisici, dai fisiologi, e dai filosofi.

II.

Dell' inesattezza del confronto dell'occhio colla camera oscura.

Le due massime fondamentali, su cui Kepler appoggiò il meccanismo della visione dedotto dal confronto dell'occhio colla camera oscura sono:

a) La retina tien luogo dello schermo della camera oscura.

b) Si ha visione quando si pinge sulla retina una imagine reale capovolta.

Io mi accingo alla dimostrazione:

a) Che il confronto della retina collo schermo della camera oscura non regge al severo esame del fatto.

b) Che nell'esercizio ordinario della visione non pingesi imagine reale capovolta sulla retina.

a) Il confronto della retina collo schermo della camera oscura non regge al severo esame del fatto.

Sono molte le differenze, che si rilevano confrontando la retina collo schermo della camera oscura. Ma prego il lettore

Digitized by Google

a fermarsi sulla considerazione 1.° della trasparenza della retina, 2.° della posizione di essa relativamente al fuoco della lente-occhio. Queste due differenze bastano solo a dimostrare, che la retina non si può paragonare allo schermo della camera oscura.

1.° La trasparenza della retina nell'occhio vivo fu ben conosciuta, e dimostrata da Mariotte. Si levi, egli scrive (1), l'occhio da un bue appena ucciso. Si tagli l'occhio in due passando al disotto della lente in modo, che una buona parte dell'umor vitreo rimanga sulla retina. Allora si veggono distintamente i colori della coroidea, la base del nervo ottico, il tronco dei piccoli vasi, che ne escono, il loro distribuirsi sulla retina; ed il tutto appare con chiarezza tanto maravigliosa, che non si crederebbe esistere una retina al di là dell'umor vitreo. Questa grande trasparenza della retina colpì Mariotte sì fattamente da negare, che l'impressione della luce possa farsi sulla retina, dovendo invece a parer suo aver luogo sulla coroidea.

Anche Lecat per la trasparenza della retina abbracciò il giudizio di Mariotte. Ogni fisico sà, scrive egli (2), che è minima la parte della imagine, che viene riflessa, tutto il rimanente trapassa la retina, e va ad essere assorbito dal nero, che sta dietro ad essa. Dunque la retina nulla ritiene; dunque non è la sede della visione.

La grande trasparenza della retina così bene indicata da Mariotte, e da Lecat nel secolo scorso, ai nostri giorni viene direttamente dimostrata nell'occhio vivo, intiero e sano per mezzo dell'ottalmoscopo. Nell'esame dell'occhio con questo nuovo istromento si vedono la pupilla del nervo ottico, i vasi che si ramificano e si distribuiscono sopra un fondo granuloso più o meno rosso; mentre la retina per la sua trasparenza appena appena si distingue. Parlando di questa macchinetta anche Liebreich osserva, che nei casi più favorevoli si veggono la pupilla del nervo ottico, i vasi e il loro stroma così bene, come nella più felice iniezione anatomica; ma della retina ap-

(1) Oeuvres de M. Mariotte. A la Hage MDCCXL T. 1. pag. 107.

(2) Oeuvres physiologiques. Paris 1767 Traité des sens en particulier. T. II. pag. 604.

Digitized by Google

pena si rileva la presenza. E questa membranella trasparente, che all' occhio osservatore si atteggia come sfuggevole nebbia, come striscie appena avvertibili, sarà la tavola bianca, lo schermo su cui si forma, si disegna, si dipinge l' imagine reale rovesciata degli oggetti visibili ? A questo fisico ufficio non sarebbe chiamata piuttosto la coroidea, come insegnarono Mariotte, e Lecat, o la scherotica e la coroidea insieme a causa della loro molto minor trasparenza, e della loro situazione ?

Il fondo granuloso più o meno rosso, che vedesi coll' ottalmoscopo e su cui si ramificano, e si distribuiscono i vasi è principalmente l'effetto della sclerotica, e della coroidea. I raggi luminosi cadono sul fondo dell'occhio e sono in parte riflessi, ed in parte assorbiti. La membrana dell'occhio, che nello stato normale riflette la maggiore quantità di raggi luminosi è la sclerotica colla sua faccia anteriore. Quei raggi riflessi illuminano la coroidea e la retina. La coroidea è la membrana, che esercita la più grande influenza nelle varietà apparenti del fondo dell' occhio. La quantità relativa della luce, che può arrivare alla sclerotica dipende dalla maggiore, o minore quantità di pigmento, che la coroidea presenta. Veggonsi le arteriuzze ed i vasi capillari della coroidea, perchè in generale il pigmento non forma un intonaco così oscuro da nascondere i vasi coroideali e da impedire che la luce arrivi alla sclerotica e vi sia riflessa. La retina per esser molto trasparente non riflette, che una piccola quantità di luce diffusa che appena basta a farne rilevare la di lei presenza, ma non senza grande difficoltà.

2.° La trasparenza della retina fa dubitare dell'esattezza del confronto fatto da Kepler della retina collo schermo della camera oscura; ma l'argomento più forte contro tale confronto si desume dalla posizione della retina entro l'occhio. La retina stà a ridosso della jaloidea, che forma la superficie posteriore convessa della lente-occhio, mentre lo schermo della camera oscura trovasi dalla lente notevolmente discosto. La retina è collocata entro la distanza focale, lo schermo della camera oscura deve trovarsi necessariamente un poco al di là della distanza focale. Il calcolo, come dirò più ampiamente in altro luogo, dà per risultato, che il fuoco principale della lente-occhio cade da due

Digitized by Google

a tre millimetri al di là della retina, e dimostra quindi, che la retina è posta entro la distanza focale, anzi al principio di essa. Questa differenza di posizione, e della retina in rapporto alla lente-occhio, e dello schermo della camera oscura in rapporto alla lente di quella macchina, è di tale importanza, che basta per sè sola a distruggere non solo il paragone che si fa della retina collo schermo della camera oscura; ma ben anche il paragone del fenomeno, che osservasi nella camera oscura con quello della visione. Entro la distanza focale, ed in tutta la vicinanza ad una lente, che abbia il fuoco principale a qualche distanza dietro della superficie posteriore, non può formarsi imagine di sorta sullo schermo, qualunque sia il luogo da cui parte la luce. Condizione questa che distrugge affatto il giuoco della camera oscura. Chi è persuaso di ciò sente nel tempo stesso l'inesattezza del confronto della retina collo schermo della camera oscura e la necessità di rettificare la teoria di Kepler.

b) Nell' esercizio ordinario della visione non pingesi imagine capovolta sulla retina.

Come è noto nella teoria di Kepler si ritiene che si pingano gli oggetti con pittura reale sulla retina; mà è egli poi provato che tale pittura si formi sempre sulla retina ed in qualunque caso nell'esercizio della visione, come sempre deve formarsi sullo schermo della camera oscura perchè abbia luogo il fenomeno che le è proprio?

Se dato un piccolo foro in lamina opaca, la luce passando per esso foro, e giungendo sopra un piano posto dietro alla lamina opaca, *sempre ed assolutamente* producesse il fenomeno di una dipintura reale capovolta dell'oggetto, da cui emana la luce; ogni dubbio dell'esattezza del confronto dell'occhio colla camera oscura sarebbe intieramente dileguato. Perciò avanti tutto credetti di esperimentare su questo fenomeno e presi a guida la grandezza del foro pupillare, la distanza della retina dalla pupilla, e la distanza dell'oggetto visibile nelle condizioni ordinarie della visione, cioè di oggetti posti ad alcuni metri di distanza dall'occhio.

Digitized by Google

Il foro della sottile lamina opaca sia adunque di 4 millimetri (diametro ordinario della pupilla): la tavola bianca, che deve ricevere l'impronta sia collocata alla distanza di 20 millimetri (distanza ordinaria nell'occhio umano dalla pupilla alla retina): la candela accesa sia situata alla distanza di due metri, ed in linea perfettamente retta col pertugio della lamina, cosicchè l'asse del foro della lamina opaca corrisponda alla metà della fiamma. Il tutto così disposto, sulla tavola bianca non apparisce più un' imagine capovolta, ma solamente un disco di luce bianca. Per avere l'imagine della fiamma capovolta bisogna avvicinarla notevolmente al foro della lamina opaca, o bisogna allontanarne la tavola bianca: segno evidente che la rappresentanza dell'imagine capovolta è condizionata alla distanza dell'oggetto luminoso ond'è prodotta, ed alla distanza della tavola su cui è prodotta.

Senza dilungarmi nell'indicare altri esperimenti fatti a varie distanze, che confermano sempre il già detto, basta quello poco sopra accennato a piena dimostrazione che non *sempre* nè *assolutamente* passando la luce da un foro, pingesi per esso sullo schermo opposto una imagine reale, e capovolta.

Trattandosi poi di un foro quale è la pupilla situato dietro ad una lente formata dalla cornea, e dall'umor acqueo e situato davanti all'altra lente che risulta dal cristallino, e dall'umor vitreo; bisogna intraprendere altro esperimento, in cui siano aggiunte al foro queste due lenti. Così appunto feci coll'occhio artificiale. Ma occorrendo il dubbio, che nell'occhio artificiale, non siavi la perfetta imitazione dell'occhio vivo, e de' suoi mezzi rifrangenti, è miglior partito servirsi di un occhio vero, e tenuto per quanto è possibile prossimo alle condizioni dell'occhio vivo.

A questo effetto prendo un occhio di coniglio bianco preparato nel modo seguente. Sego il capo del coniglio in due parti eguali lasciando la cute e tutte le esterne parti dell'occhio intatte. Levo il cervello, e la parte posteriore dell'orbita mettendo così allo scoperto il bulbo dell'occhio. Essendo così le parti ancor calde, sottopongo l'occhio immediatamente all'esperimento. Tengo sostenuto il preparato in modo da una colonnetta, che l'occhio sia rivolto verso la candela accesa, come

Digitized by Google

sè dovesse vedere. La distanza tra esso e la candela accesa sia di due metri. Or bene, in tali condizioni non apparisce posteriormente, e sulla sclerotica dell'occhio, che un disco, nessuna imagine capovolta. Portata la distanza della candela a tre metri e più, non si distingue che un solo punto. Applico allora un microscopio a braccio orizzontale coll'opportuno ingrandimento, ed apparisce netto un bel disco; nessuna imagine.

Ma per opposto, se si va avvicinando la candela all'occhio così preparato, ed alla distanza di soli pochi centimetri, si giungerà a vedere capovolta l'imagine della fiamma, e tanto più bella e grande sarà essa imagine, quanto più vicina sia la fiamma all'occhio preparato.

Questo esperimento insegna, che il foro pupillare unito anche alla lente naturale dell'occhio non vale a produrre *sempre* e *costantemente* l'imagine capovolta sulla retina; ma che questo fenomeno è un fatto relativo a diverse condizioni di distanza. Dunque per la sola presenza del foro pupillare non si può stabilire, e ritenere come esatto il confronto della camera oscura coll'occhio.

Nè meglio si può stabilire l'esattezza di tal confronto, partendo dalla presenza della lente-occhio. La lente-occhio non ha da sè la proprietà incondizionata di produrre un' imagine reale capovolta sulla retina. La lente occhio di cui la forza rifrangente per luce lontana non basta a produrre sulla retina l'imagine capovolta, come vedemmo, non può rifrangere i raggi intensi di luce vicina tanto da produrre imagine sulla retina stessa, essendo legge fisica inconcussa, che l'imagine rovesciata del corpo luminoso si allontana tanto più, quanto più esso si accosta al fuoco principale della lente. Che se poi il corpo luminoso arriva ad essere entro la distanza focale, allora non può formarsi più alcuna imagine per rifrazione. Ogni fisico così insegna; l'esperienza non soffre eccezioni.

Queste premesse svelano, che il confronto dell'occhio colla camera oscura non regge pienamente. Ciò è provato all'evidenza dalla pupilla, che non produce il fenomeno della camera oscura, se non sotto condizioni che non sono costanti, nè comuni nell'esercizio ordinario della visione. L'inesattezza di tale confronto è altresì dimostrata dall'esperimento dell'occhio

Digitized by Google

preparato; perchè è pure un fatto incostante e dipendente dalle diverse condizioni contingibili il formarsi dell'imagine rovesciata sulla parete posteriore dell'occhio.

Nella camera oscura è condizione essenziale che la tavola bianca sia posta dietro la distanza focale. Or dunque, per istabilire il confronto di essa camera oscura coll'occhio, è indispensabile studiare, e determinare la distanza focale principale della lente-occhio e della posizione e distanza della retina paragonata allo schermo della camera oscura.

Per determinare la distanza focale principale della lente-occhio bisogna ricorrere al calcolo. L'importanza della jaloidea a mantenere la forma della superficie convessa posteriore della lente-occhio attesa la grande fluidità del vitreo, toglie la possibilità di determinare la distanza focale ricercata empiricamente.

Tenendo conto esatto degli indici di rifrazione, quali furono determinati da Chossat, o da Brewster; tenendo conto esatto dei raggi di curvatura delle diverse parti, che trovansi a mutuo contatto nella lente-occhio; tenendo esatto conto della distanza della superficie anteriore della cornea alla faccia anteriore della retina; si trova che la distanza focale principale è pur sempre di qualche millimetro al di là della retina istessa. Non riporterò i calcoli fatti da me, e da alcuni valenti matematici miei amici, che confermano il mio asserto, ma sceglierò per presentare al dotto lettore i calcoli fatti da egregii sostenitori della teoria di Kepler.

Moser nel lavoro sull'occhio che pubblicò nel 1844 (1) diede una particolareggiata dimostrazione del punto in cui si incontrano i raggi luminosi al di là della retina, e stabilì col calcolo, che la distanza focale dietro essa retina è di una linea perigina poco più, e precisamente di L. 1. 26. (cioè due millimetri e mezzo); e ciò nel caso più sfavorevole, cioè allorquando i raggi arrivano all'occhio più rifrangibili, come avviene appunto allorchè sono paralleli.

Listrug pubblicò nel 1851 una Memoria matematica sul cammino dei raggi luminosi entro l'occhio, nella quale non

(1) Moser-Ueber das Auge-dowe's Repertorium der Physik T. V. 1844.

Digitized by Google

solo approva il suddetto risultato del calcolo di Moser, ma col calcolo precisa persino i luoghi nei quali avviene inflessione di essi mentre attraversano l'occhio (1).

Volkmann arricchì lo stesso dizionario di Wagner col dotto articolo sulla visione, e con l'unita ottica fisiologica dove leggesi: l'ottica desidera, che la luce, la quale arriva all'occhio in forma di cono divergente da ogni punto luminoso, si raccolga di nuovo sulla retina. Ma quando si approfitti delle osservazioni, che a tutt'oggi si conoscono, fatte sulla forma, e sulla forza rifrangente delle singole parti del nostro apparato visivo, allora il calcolo dà per risultato, che il fuoco non cade sulla retina, sì bene dietro di essa, da una linea fino ad una linea e mezzo (due a tre millimetri) (2).

Se adunque la retina è collocata entro la distanza focale, il paragone dell'occhio colla camera oscura non può più reggere. Essenziale condizione, come già dissi, riguardo alla camera oscura si è che il siparie bianco si ritrovi oltre la distanza focale principale; portandolo entro la distanza focale, e sovrapponendolo alla faccia posteriore della lente, come è il caso della retina appoggiata alla lente-occhio, tutto il giuoco della camera oscura è perduto, più non apparisce imagine reale rovesciata, ma semplicemente un disco di luce bianca.

Alcuno forse dirà: Ma pure, se riguardasi entro un occhio preparato di maniera che dalla parte anteriore superiore della sclerotica si possa vedere il fondo dell'occhio, vi si scorge dipinta l'imagine capovolta della fiamma. Così nell'occhio di bue preparato coll'assottigliamento della parete posteriore di esso, si vede l'imagine della fiamma capovolta. Dunque nel fondo dell'occhio vi ha un'imagine reale, come si vede sullo schermo della camera oscura. Dunque regge il confronto di questa con l'occhio.

Questi due asserti sono verissimi; bisogna per altro analizzarli un tal poco prima di conchiudere, che sia la stessa cosa l'imagine determinata e reale che vedesi nella camera

(1) Handewörterbuch der Physiologie von. d. Rudolph Wagner. Fünfundzwanziste Lieferung 1851.

(2) Handwörterbuch der Physiologie von D. R. Wagner-Schen §. B.

Digitized by Google

oscura, e l'imagine che l'occhio presenta nella parte anteriore, e nella parte posteriore del suo fondo.

L'imagine che vedesi riguardando nell'interno dell'occhio, non è dipinta sul fondo dell'occhio, è un'imagine staccata da lui, è un'imagine riflessa e rovesciata in forza della curva della parete posteriore della lente-occhio. Ogni lente biconvessa riflette in modo colla superficie concava interna, che, come una semplice lente concava osservata al di là del suo fuoco principale, dà l'imagine del corpo, pure situato al di là del suo fuoco principale, sempre rovesciata. Ma questa imagine non è una dipintura reale sulla superficie riflettente; essa è una imagine, come dicono, aerea indeterminata, e staccata da quella superficie. La catottrica l'insegna; non aggiungerò più parola su ciò. Solo *per transennam* dirò, come appunto appoggiandosi alle leggi della catottrica, Purkinie e Sanson hanno rinvenuto un nuovo metodo diagnostico della cateratta. La cornea trasparente riflette parte di luce, e, come superficie convessa, colla sua riflessione produce una imagine virtuale, che apparisce piccola, diritta, ed a breve distanza dietro la cornea. La faccia anteriore della cristalloidea produce pure, perchè convessa, un'imagine virtuale piccola, diritta, meno chiara però della già indicata, e che sembra del pari posta al di dietro. La superficie posteriore della cristalloide concava produce per riflessione una imagine rovesciata e che apparisce nel davanti di essa superficie. Dalla chiarezza, e posizione di queste imagini, ne cava l'oculista guida al giudizio suo. Le imagini, che veggonsi nell'occhio parato con un'apertura nella sclerotica, e nella metà anteriore dell'occhio, sono imagini di riflessione: ecco il tutto.

Ma nella camera oscura, il corpo semidiafano, che serve di tavola bianca, riceve sopra sè una imagine determinata, e che rimane sempre la stessa per quanto sia varia la posizione, in cui si colloca l'osservatore. Non si può dunque paragonare l'imagine aerea, indeterminata, riflessa da una superficie concava, e quindi da essa staccata, coll'imagine determinata e fissa segnata sullo schermo della camera oscura.

In relazione poi all'esperimento coll'occhio di bue preparato di modo da potervi osservare posteriormente una imagine capovolta, vi sono del pari considerazioni a farsi prima di ri-

Digitized by Google

ceverlo qual prova sufficiente, che l'occhio abbia a ritenersi una vera camera oscura. L'imagine rovesciata che vi si scorge è ella fissa sulla retina, come avviene dell'imagine rovesciata, che vedesi sullo schermo della camera oscura? Questa imagine è dessa conseguenza della rifrazione della lente-occhio?

Per rispondere comincerò col dire che, per la presenza del foro pupillare si può produrre artificialmente questa imagine, quando la candela accesa è posta vicina all'occhio. Dirò in questo caso l'imagine è fissa sul fondo dell'occhio, talchè si può vedere rovesciata costantemente, sia che l'occhio di bue rimanga distante dall'occhio dell'osservatore, sia che l'osservatore se gli avvicini a suo piacere. Ma questo non è il caso della visione fisiologica. Nella visione fisiologica la luce deve venire piuttosto da lontano, e deve essere moderata. Una luce violenta come la fiamma della candela posta troppo vicina all'occhio, invece di favorire la visione, la disturba, arreca dolore all'occhio stesso, e l'obbliga a porsi alla distanza conveniente. La prova quindi desunta dall'imagine rovesciata e reale, che formasi sul fondo dell'occhio preparato, e tenendo la luce vicinissima è derivata da un esperimento, che male può applicarsi alle circostanze della normale, e fisiologica visione. Tale esperimento insegna solamente, che si può ad arte produrre una imagine rovesciata entro l'occhio, tenendo la fiamma ad una distanza che non è quella voluta nell'esercizio ordinario della vista. Recando la candela alla distanza di qualche metro, più non apparisce questa imagine, ma semplicemente un disco.

Se nel preparare l'occhio di bue si leva tutta la parte posteriore opaca, esso occhio è convertito in una lente biconvessa, e l'imagine, che si osserva rovesciata nella parte posteriore dell'occhio, stando l'osservatore a certa distanza da quello, è giuoco di rifrazione, e l'imagine rovesciata è aerea, come insegna la diottrica. Laonde non si può da questo fatto conchiudere che, se esistesse la retina, questa riceverebbe sopra di sè quella imagine. Anzi questo medesimo esperimento ci spinge a conclusione opposta; perchè se l'osservatore pone il suo occhio vicino all'occhio preparato, non vede più imagine rovesciata di sorte alcuna, anzi vede al di là dell'occhio preparato la fiamma della candela diritta. La retina, che nell'oc-

Digitized by Google

chio intiero e vivo è posta a ridosso della jaloidea, come potrà ricevere sopra di sè una imagine capovolta, essendo essa retina, posta ancor più avanti, propriamente entro la distanza focale principale della lente-occhio?

Questa argomentazione è forte per farci rifiutare l'esperimento dell'occhio di bue preparato come ho sopra descritto. Ma oltre a ciò prima di perdere il tempo nel preparare l'occhio di bue, e di tentare altro esperimento per conchiudere intorno a ciò che succede nell'atto della visione nell'occhio intiero e vivo, bisogna considerare se l'occhio che si destina all'esperimento si trovi nelle condizioni fisiche di un occhio vivo. L'occhio morto che suolsi adoperare, oh quanto è mutato in confronto all'occhio vivo! Nel cessare della vita, nell'arrestarsi del circolo del sangue, nel raffreddarsi delle parti, nell'addensamento degli umori, nell'avvizzimento dell'occhio, che l'evaporazione produce, nell'offuscamento della cornea, nella mutazione di colore della lente cristallina, nella perdita della trasparenza della retina, nell'alterazione del pigmento coroideale, si presentano tante e tali condizioni da non potere assolutamente valutare le risultanze dell'occhio di bue preparato per indice di ciò che ha luogo nell'esercizio della vista in un occhio vivo, il quale è affatto tutt'altra cosa.

A dimostrare in fine l'inesattezza del confronto dell'occhio colla camera oscura viene la prova, che porge l'ottalmoscopo.

Vi sono due metodi applicabili all'esame dell'occhio coll'ottalmoscopo. Quello per imagine diritta, e quello per imagine rovesciata. L'esame per imagine diritta consiste nell'usare dei mezzi trasparenti e naturali dell'occhio per vedere il fondo di esso. Basta a ciò lo specchio di riverbero della luce della lampada dell'occhio. L'altro metodo di esame o per imagine rovesciata, esige l'aggiunta di una lente convessa; servendosi del metodo per imagine diritta, si vede nel fondo dell'occhio ogni cosa nella sua posizione, e forma naturale. Maravigliato di ciò Sir Giraud-Teulon così scrive « On peut, sans le secours d'au- » cun verre interposé, se procurer cette même image (*droité*); « et c'est chose curieuse, et ce que fait, en lui-même avéré, « est cependant tout à fait en dehors des théories, et que son » enonce semble même absolument paradoxal. Voici ce fait;

Digitized by Google

« L'oeil observé étant exploré de très-près, les axes des deux « yeux se confondant, et ceux-ci dans un intime voisinage, un « détail peu étendu de la rétine bien éclairée peut être perçu « droit et agrandi, sans lentille, et comme si le cristallin ob- « servé était une simple loupe.

« Or cela est fait pour surprendre tout physicien familler « avec les propriétés des lentilles convergentes. Chacun sait « que pour qu'elles puissent être employées comme loupes ou « microscopes simples, il faut, de toute nécessité, d'après la « theorie, placer l'objet observé entre le foyer principal et la « lentil. Mais, dans le cas que nous venons de rapporter, la « rétine, on le sait, est un peu au delà du foyer principal. Com- « ment accorder ces deux éléments contradictoires? (1) »

La risposta per le cose da me esposte viene da sè. Il fatto osservato e le leggi dell'ottica non sono menomamente in contraddizione. Il paradosso nasce sostenendo, che la retina sia posta al di là del fuoco principale. La retina come provano i miei esperimenti, ed il calcolo è posta entro la distanza focale. Sovr'essa quindi non pingesi imagine capovolta, nè potrebbe, dappoichè essa retina è colpita dall'apice del cono luminoso, che va al fuoco posto a qualche millimetro dietro di lei.

L'occhio nostro non è dunque una camera oscura. Esso è una macchina *sui generis*, in cui all'espansione nervosa (la retina) è a contatto la lente-occhio: lente convesso-convessa colla distanza focale principale, che cade 2 o 3 millimetri al di là della retina. All'occhio, tutte le leggi dell'ottica, della catottrica, della diottrica si applicano perfettamente, e senza contraddizione di sorta. Basta rinunciare alla credenza che la retina sia posta dietro la distanza focale principale della lente-occhio; basta rinunziare al confronto dell'occhio colla camera oscura, e sparisce ogni contraddizione.

(1) Physiologie et Pathologie fonctionelle de la vision binoculaire, par F. Giraud-Teulon, Paris 1861 p.565.

Digitized by Google

III.

L' impressione fatta sulla retina in senso inverso della posizione dell' oggetto visibile non inchiude la necessità della dipintura di una imagine reale capovolta sulla medesima.

È cosa tanto certa, che nell'esercizio della visione la retina sia impressionata di modo, che l'oggetto posto più in alto dell'occhio che vede manda il suo cono luminoso a ferire la retina inferiormente, e che all'opposto l'oggetto situato a basso manda il suo cono luminoso alla parte superiore della retina e così discorrendo degli oggetti laterali all'occhio, che sarebbero soverchie ulteriori parole. Come è possibile infatti, che un cono luminoso proveniente dall' alto, il cui asse corre sempre in linea retta vada a toccare il di sopra della retina? di necessità attesa la piccolezza del foro pupillare in rapporto all'immensa vastità dell'emisfero posto innanzi all'occhio, l'asse del cono visivo deve ferire la retina in situazione relativamente opposta; il solo dubitarne sarebbe un assurdo. Inoltre l'occhio presenta una lente convesso-convessa che per fisica verità ha un centro ottico, per cui passano tutti gli assi secondarii incrociantisi col principale: altra ragione dell'impressione della retina in senso inverso della posizione degli oggetti. Ora da una tale verità non ne può certamente conseguire il *dunque* sulla retina si pinge imagine capovolta.

La forza rifrangente della lente-occhio non può formare imagine capovolta sulla retina, perchè la retina è collocata entro la distanza focale principale. Nè può produrre imagine capovolta sulla stessa retina la sola pupilla nelle ordinarie condizioni della visione per le ragioni già sopra esposte. Sta adunque che la retina è colpita dal cono luminoso in senso opposto alla posizione dell'oggetto visivo; sta ed è una verità inappuntabile, che l'asse visuale, e l'asse del cono obbiettivo costituiscono una sola linea retta nell'una parte della quale si trova la retina, e nell'altra l'oggetto luminoso, od il suo riflesso. Ma da ciò non ne consegue la formazione sulla retina dell'imagine reale capovolta co' suoi colori. Chi ne volesse una prova esperimentale facile e chiarissima prenda una lente convergente della

Digitized by Google

distanza focale principale poniamo di due decimetri: collochi entro la distanza focale p. e. alla metà di essa una tavola semidiafana; indi collochi davanti alla lente a qualche metro di distanza tre o quattro lumi. Ciascuno di essi manderà un cono luminoso che all'incontro dello schermo altro non presenta, che un semplice disco di luce bianca; ma in direzione tale, che il lume destro produce il suo disco a sinistra, il sinistro a destra, e così dicasi in ragione diretta di tutti gli altri. Incrociandosi tutti gli assi dei coni luminosi dei lumi posti in esperimento, producono ciascuno il suo disco, e solamente quando lo schermo sarà rimosso al di là della distanza focale principale, appariranno sovr'esso le imagini di tutte le fiamme capovolte là ove erano prima i soli dischi. L'impressione adunque fatta sulla retina in senso inverso alla posizione dell'oggetto visibile non implica di necessità la formazione di una reale imagine capovolta sulla retina stessa. Anzi su di essa nell'esercizio ordinario della visione è impossibile che vi si formi tale dipintura non potendovi essere prodotta come già dissi nè dal foro pupillare, nè dalla forza rifrangente della lente-occhio.

Da questo principio, che gli esperimenti ed il calcolo dimostrano e stabiliscono, ne segue il perfetto accordo del modo della visione, come opera di senso esterno, col modo del naturale esercizio di tutti gli altri sensi esterni. La retina non è un semplice schermo, essa è un organo elaboratore: agisce per lo stimolo che la colpisce per sua naturale organizzazione e per il concorso del nervo ottico e del sensorio comune; e da questa speciale organica attività ne viene in fine quel tutto che è la vista. La retina non è impressionata come superficie matematica; attesa la sua trasparenza, l'impressione dei raggi della luce ha luogo in tutto il suo spessore. L'impressione si fa quindi a traverso di questa membrana, e secondo la direzione lineare del raggio di luce; dal che dipende la proprietà che abbiamo di riferire alla giusta loro direzione i raggi onde la retina è impressionata.

Si è per questa sua organica attività che l'apparato visivo presenta luce anche quando fuor di noi non è. Nella notte, nel difetto di ogni eccitamento esterno, e sotto l'influenza di una attenzione sostenuta si vede nascere spontaneamente nel campo

Digitized by Google

visuale delle imagini luminose di colori brillanti, e che si succedono di una maniera regolare ed isocrona. Così l'elettrico, che determina sapore alla lingua, odore all'olfatto, suono all'orecchio, cagiona luce all'occhio. Così la compressione della sclerotica produce una impressione luminosa, la forma della quale è determinata da quella del corpo che fa la compressione. Questa apparizione che Serres d'Uzés chiamò fosforo (1) si mostra nel punto opposto di quello della compressione. Serres d'Uzés fa sentire l'identità delle due viste, cioè di quella che si effettua per luce esterna, e che egli chiama obbiettiva, e di quella occasionata dalla pressione da lui detta subbiettiva. L'apparizione di figure e di luce indipendentemente dalla luce esterna, il riportarsi di esse in linea retta verso l'esterno, e precisamente verso il punto di compressione della sclerotica, si accordano affatto nel riportare, che fa il sensorio comune per la retina nella sensazione obbiettiva, o di luce esteriore, l'impressione avuta in linea retta, e verso il punto di immergenza dell'asse del cono luminoso nell'occhio. Le linee serpentine, che l'occhio vede quando stancasi al microscopio, i colori e le figure consecutive, che veggonsi ad occhi chiusi, e le imagini che fanno così gran parte de' nostri sogni sono tanti fatti, che parlano in favore del vedere senza che sia dipinta reale imagine sulla retina.

Presento un altro fatto, che dimostra la visione non punto dipendere dalla dipintura di imagine reale sulla retina. Ponetevi al microscopio, osservate con un occhio un oggetto posto al fuoco dell'istromento tenendo chiuso l'altro occhio, sotto del quale al luogo del porta-oggetti sia sottoposto un foglio di carta bianca. Aprite dopo un poco l'occhio, e vedrete l'oggetto che sta sotto al microscopio apparire sulla carta bianca tanto distintamente, che voi potete disegnarlo, ed ottenerne una figura esatta (2).

Ma più ancora a dimostrare che la visione si opera senza

(1) Essai sur les phosphénes ou anneaux lumineux etc. Paris 1853.

(2) Il primo ad osservare e notare questo fatto fu il signor Fourcroi di Saint-Omer. Ved. Lecat-Oeuvres physiologiques. Paris MDCCLXVII. T. II pag. 626.

Digitized by Google

che pingasi imagine sulla retina serve lo stereoscopo. Le due figure che si pingono nell'esperimento sono geometricamente differenti, e la percezione nostra è di una terza figura con rilievi e distacchi che non sono nelle figure piane poste nell'osservazione. Dunque la sensazione visuale non consiste nella percezione di una imagine dipinta sulla retina, ma è l'effetto di un giuoco interno, e subbiettivo dell'apparato visivo.

Se ciò ancora non bastasse a provare che la vista non si opera per imagine reale dipinta sulla retina, si potrebbe domandare: la retina è semplicemente una superficie su cui è dipinto il visibile che deve essere portato al sensorio comune; oppure è dessa ad un tempo anche l'organo percipiente? Nel primo supposto l'apparato visivo sarebbe un semplice conduttore, ciò che la fisiologia assolutamente nega. Nel secondo, cioè di una retina organo percipiente, essendo due le retine, due le imagini, due gli occhi percipienti, tutti gli oggetti sarebbero per noi doppii, ciò che l'esperienza di ogni uomo di vista sana e perfetta assolutamente rifiuta.

Dunque noi vediamo senza che pingasi imagine reale e capovolta sulla retina, sebbene il punto di impressione di essa retina sia in senso inverso della posizione dell'oggetto visibile.

IV.

Conclusione.

Ma se non pingesi sulla retina imagine reale, come si potranno distinguere gli oggetti esterni e vederli?

I raggi luminosi che dai corpi arrivano all'occhio hanno in sè stessi delle ragioni fisiche di differenze. Questi vengono ridotti e ristretti a piccolissimo spazio dalla forza refrangente della lente-occhio, e sono diretti convergenti al fuoco al di là della retina. Urtano essi, ed attraversano la retina in una estensione limitatissima. L'apparato visivo poi ha la proprietà di distinguere raggio da raggio, di avvertire l'estensione, il modo con cui è scossa la retina, e la direzione dei coni luminosi che fanno l'impressione stessa. Così l'io percipiente; dirò con Pouil-

Digitized by Google

let (1), sente l'impressione fatta sulla retina, e può prendere una idea della forma dei corpi distinguendo i punti della retina, che sono in riposo da quelli che sono scossi dalla luce. Non vi ha punto del nostro invoglio esteriore su cui non sia facile questa distinzione. Una puntura al braccio si distingue da una puntura al dito, e noi possiamo col braccio come colla mano rilevare la differenza tra un cerchio ed un quadrato. Non vi è ragione per negare che non si possa avvertire tale differenza con chiarezza e precisione maggiore colla retina.

Aggiungerò con Giraud-Teulon (2). Il sensorio comune non vede l'imagine; esso vede l'oggetto riportando autocraticamente, e primitivamente l'origine delle sue sensazioni non alla retina suo istromento, ma al di fuori di lei alle linee dello spazio in rapporto di situazione geometrica corrispondente cogli elementi toccati dalla retina.

Dunque dire che l'occhio vede, equivale a dire, che per l'occhio distinguesi la direzione, l'estensione, ed il modo dell'impressione, che i raggi che vengano dai corpi fanno sulla retina impressione; e che il sensorio comune riporta ai corpi stessi, come avviene in ogni organo di senso; rappresentando tutti indistintamente una varia maniera di tatto.

Ciò ammesso i cultori della fisiologia comparata non si trovano più nella necessità di invocare due teorie; l'una per gli occhi composti degli animali invertebrati, e l'altra per gli occhi degli animali vertebrati.

Già sino dall'anno 1826. Giovanni Mueller insegnava (3) che la teoria della visione è differente

1.° Secondo che l'occhio si compone di coni trasparenti, raggianti, le pareti dei quali sono coperti di pigmento, e che non lasciano pervenire alle fibre del nervo ottico situato al fondo del cono se non la sola luce, che forma l'asse di detto cono, come avviene nell'occhio degli insetti, e dei crostacei ad occhi composti.

2.° La teoria è differente secondochè l'occhio si compone

(1) Élements de physique experimentale. Paris 1856 pag. 122.
(2) O. c. p. 156.
(3) Vorgleichende, Physiologie des Gesictssines. Leipsig 1826. p. 367.

Digitized by Google

di mezzi diottrici, che riuniscono la luce; come avviene negli occhi degli aracnidi, dei molluschi, e dei vertebrati.

Nel 1861 Giraud-Teulon distingueva con Mueller in due classi gli occhi degli animali (1). Nella prima classe comprendeva gli occhi a retina sferica convessa, od a facciette, occhi che egli chiama ad imagine diritta. Nella seconda comprendeva gli occhi a retina sferico-concava o ad imagine rovesciata come nella camera oscura.

La differenza di quest' occhi è veramente grandissima; ma la natura negli apparati delle funzioni presenta mille varietà di forma un solo principio fondamentale. Passa essa dalla maggiore semplicità ad organi assai complicati con aggiunte, che vanno di mano in mano rendendo più energiche le risultanze; ma il principio fondamentale rimane pur sempre quello.

Il fatto fondamentale degli organi della visione si è che serva la retina a distinguere i raggi, che la trapassano, che per lei si rilevi la direzione dell'impressione, e lo spazio impressionato. Per arrivare a questo principio fondamentale bisogna che i raggi luminosi siano isolati, e colpiscano limitata parte della retina. Negli occhi composti, od a mosaico, i raggi sono isolati dal congegno dei tubi intonacati di pigmento, pei quali tubi passano i raggi formanti l'asse del cono luminoso, arrivano e penetrano nella convessa retina. Negli altri occhi l'isolamento dei raggi viene prodotto da lente convergente che raccoglie e riduce in sottilissimo cono luminoso la luce, il cui apice trapassa la retina concava che abbraccia la parte posteriore della lente stessa.

La grandissima differenza della forma degli occhi delle due accennate classi, e l'essere una retina sferica convessa, e l'altra sferica concava non porta mutazione nel principio fondamentale della limitazione dei raggi agenti. I tubi isolatori servono allo scopo finale negli occhi a retina convessa; la lente convergente serve allo stesso fine negli occhi con retina concava. In questa seconda forma di occhi l'impressione alla retina viene ad essere più forte e più chiara. Nella prima serie di occhi, la forma

(1) Physiologie et Pathologie functionelle de la vision binoculaire par Fr. Giraud-Teulon. Paris 1861 p. 65.

Digitized by Google

sferica convessa presenta la retina ai tubi isolatori in modo che il raggio asse, che a lei arriva e che la oltrepassa sia in linea retta coll' oggetto luminoso. La parte retinica impressionata corrisponde all'emisfero esterno cosicchè il raggio destro cade sulla parte destra, il sinistro sulla sinistra; ma nessuna imagine vi si pinge, nè vi si può pingere, perchè la retina è impressionata in punti diversi e nel limite relativo degli assi distinti dei tubi isolatori. Nella seconda serie di occhi mancando e le pareti dei tubi, ed il loro pigmento, maggiore viene ad essere la quantità della luce, che può essere utilizzata ed il vantaggio diviene ancor più grande, perchè la lente convergente rifrange all'asse un numero di raggi divergenti, i quali portandosi verso il fuoco, ed attraversando la retina ne accrescono la potenza, che l'impressiona. Ma per poco che si rifletta apparisce chiaro, che essendo la retina impressionata dall'asse del cono visuale, e dai raggi che tendono al fuoco, l'impressione è fatta giusta la direzione dell'asse del cono luminoso che penetra nella lente-occhio. Quindi sebbene la retina concava sia impressionata nel lato destro per luce, che entra a sinistra, e nel lato sinistro per luce che entra nel lato destro, il modo di sua impressione è simile a quello dell'impressione della retina convessa. L'una e l'altra retina sono impressionate giusta una linea retta, nell'una estremità della quale trovasi la luce che penetra nell'occhio, e nell'altra la retina. Non pingesi imagine negli occhi a mosaico, non pingesi imagine negli occhi a lente di convergenza; ma soltanto avviene una impressione della luce limitata a dato spazio, e che attraversa la retina, come solo asse, o come asse con vicini raggi convergenti diretti al fuoco della lente, che sta dietro alla retina.

Così l'esame di occhi, diversi di forma, dà per risultato finale, che i vivi forniti, o dell'una o dell'altra maniera di occhi non veggono l'imagine, giacchè nessuna imagine nell'ordinario esercizio della visione formasi sulla retina, ma veggono gli oggetti, o se si vuole sentono gli oggetti visibili, che toccano, ed impressionano coll'intermezzo della luce i dati punti della retina.

Digitized by Google

Da tutto quanto ho esposto derivano queste conseguenze:

1.° L'occhio è una macchina viva speciale, che non si può paragonare alla camera oscura.

2.° La lente-occhio è una lente biconvessa avente il fuoco principale a 2, o 3 millimetri dietro la retina.

3.° La retina il cui massimo spessore non eccede il $\frac{1}{2}$ millimetro essendo a ridosso della jaloidea, limite posteriore della lente-occhio, sta sempre entro la distanza focale.

4.° La retina nella visione ordinaria non può presentare imagine reale dipinta sopra di sè, nè per effetto del foro pupillare, nè a causa della forza rifrangente della lente-occhio.

5.° La luce impressiona la retina in tutto lo spessore attraversandola il cono visuale.

6.° La reazione attiva della retina, e di tutto l'apparato visivo costituisce il fatto della visione.

7.° Noi dunque non vediamo imagini, ma sentiamo l'impressione, fatta su diversi punti retinici dalla luce proveniente dai corpi, noi vediamo i corpi stessi.

Considerato così il meccanismo della visione sfumano alcune gravi difficoltà, che premono la teoria della visione, in cui l'occhio si ritiene precisamente o quasi una camera oscura; come a mò d'esempio veggansi diritti gli oggetti mentre sulla retina vi sono dipinti capovolti; come vedasi unico l'oggetto con due occhi e intanto che due imagini sono dipinte sulle retine; perchè coll'ottalmoscopo veggonsi dietro la lente-occhio in posizione diritta gli oggetti, che si distinguono nel fondo dell'occhio ec.

Considerato nel modo da me esposto il meccanismo della visione trovasi il più bell'accordo tra le leggi dell'ottica, e le leggi della fisiologia, tra gli esperimenti ed il calcolo.

Questo accordo di scienze e di fatti, e la maggiore facilità nella spiegazione dei fenomeni della vista sembrano sanzionare abbastanza la tesi da me posta e sostenuta, che noi vediamo senza che pingasi imagine reale capovolta sulla retina. Noi sentiamo i corpi, che toccano la retina mediante la luce; noi vediamo i corpi stessi.

Digitized by Google

DEL TRASPORTO DELLE PARTICELLE MATERIALI SOTTO L'AZIONE ELETTRICA; DI G. QUINCKE.

(Poggendorf Annalen 1861 *N.* 8.).

Questo fatto scoperto da Reuss, benchè generalmente attribuito a Porret, è stato ultimamente studiato sopra tutto da Wiedmann che ne ha stabilite le leggi. Alcuni fisici, e fra gli altri Matteucci, avevano creduto che intervenisse in questi effetti un fenomeno d'endosmosi.

L'Autore opera in un tubo termometrico e quasi capillare piegato ad U nel quale sono indrodotti due fili di platino per il passaggio della scarica della bottiglia. Le colonne liquide sono osservate con un microscopio. Il fatto generale è che durante la scarica il liquido s'abbassa nel tubo in contatto dell'armatura positiva e s'innalza nel tubo in contatto coll'armatura negativa. L'innalzamento è proporzionale alla lunghezza della colonna liquida e alla sua resistenza: quindi l'alcool s'alza più dell'acqua; nell'acqua salata l'innalzamento è quasi nullo.

L'A. ha creduto dimostrare che questo trasporto dipende dalla materia del tubo: così coi tubi di vetro rivestiti di ceralacca il trasporto è maggiore che nei tubi di vetro. Le esperienze sono state fatte anche colle correnti indotte. Il fatto più notevole sarebbe che in alcuni liquidi il trasporto avviene in senso opposto, cioè dal negativo al positivo. Il solo liquido in cui questo fatto si sia verificato sarebbe alcole assoluto, cioè distillato due volte sul cloruro di calcio.

Confesseremo che non ci sembra assolutamente dimostrato dall' esperienze riferite che questo fenomeno sia identico a quello conosciuto sotto il nome di endosmosi elettrico e nel quale i due liquidi in contatto degli elettrodi sono sempre separati da uno strato poroso. Si sa anche che agendo in uno strato continuo con una forte corrente voltaica non c'è cambiamento di livello. Il fatto studiato da Quincke ha molta analogia con quei fatti descritti specialmente nell'antico trattato di elettricità di

Digitized by Google

Singer di effetti meccanici prodotti dall'elettricità e che consistono in movimenti dall'estremità positiva alla negativa.

L'A. ha anche esaminato l'altro fatto del trasporto dalla corrente di piccole particelle solide sospese in un liquido. Egli ha operato colle polveri d'amido, di zolfo, d'argilla ed ha agito colla macchina elettrica. In generale si osservano due movimenti delle particelle solide l'uno nel senso della corrente positiva che è per i corpicciuoli vicini alle pareti dei tubi, l'altro nel senso della corrente negativa per i corpicciuoli che sono nell'asse del tubo. Agiscono come la scarica della macchina elettrica la corrente della pila e le correnti indotte. L'A. ha pure usato polveri di platino, d'oro, di quarzo, di rame. Nell'olio di trementina i movimenti sono inversi di quelli che avvengono nell'acqua, meno che lo zolfo.

Questo trasporto non avviene mai se non usando liquidi cattivi conduttori. L'A. suppone che nella produzione di questi fenomeni entri l'elettrizzarsi delle pareti dei tubi e quindi avvengano degli effetti dipendenti dalle azioni elettrostatiche.

AVVISATORE ELETTRICO DELLE LOCOMOTIVE; SISTEMA DEL LUOGO-TENENTE D'ARTIGLIERIA EUGENIO VINCENZI DI MODENA.

Nel proporre un nuovo avvisatore elettrico onde prevenire i disastri, che frequentemente accadono sulle ferrovie, io mi son fatto completamente ragione delle difficoltà che avevo a superare, quando prima di me, molti avvisatori di questa natura, inventati da distintissimi fisici, non solo furono posti, dopo avere destato qualche interesse, in un'assoluta dimenticanza, ma lasciarono eziandio in molti la convinzione che l'elettricità non potesse applicarsi come mezzo sicuro onde prevenire queste dolorose catastrofi. Studiando attentamente i sistemi proposti, mi parve di riconoscere evidenti le cause che

Digitized by Google

li fecero abbandonare, cioè in alcuni la complicazione del sistema meccanico, in altri la difficoltà ed il costo dell'impianto, e finalmente nella maggior parte di essi, la continua e difficile sorveglianza e manutenzione che si esigeva: cosicchè restava tanto incerto, se questi potessero agire nel momento opportuno, da togliere interamente la fiducia che in essi si sarebbe dovuto riporre.

Ora essendo condotto dallo studio di questi avvisatori a concepirne un mio proprio, mi parve non solo di averne aumentati in esso di molto i vantaggi, a fronte dei primi, giacchè con tale sistema si possono prevenire, non che gli scontri, molti altri disastri che provengono da varie cause; ma eziandio di averne eliminato tutto ciò che fece abbandonare i sistemi antecedenti; perchè, il mio, oltre di avere molta semplicità nella parte meccanica, è di un esercizio così facile che ognuno può prestissimo esservi iniziato; e le spese che ne esigerebbe l'impianto sono oltremodo tenui, non occorrendo innovazioni di sorta sul sistema attuale delle Ferrovie. Oltre a ciò esso ha una proprietà, la quale mi sembra esser ben più importante di quelle ora accennate; quella cioè di permettere una controlleria continua sulle parti tutte che compongono il sistema, in modo che nessun guasto può accadere in esso, senza esserne immediatamente avvertiti.

Quest'ultima prerogativa è quella colla quale si verrebbe a togliere l'incertezza dei risultati, che si rimarcò negli altri sistemi, e che verrebbe a provare infondata l'opinione di chi non ammette i sistemi elettrici possibili in tal caso, perchè non sicuri del risultato.

Concetto.

Il principio su cui posa il sistema consiste nel congiungere per mezzo di un filo conduttore il polo positivo di due pile, le quali hanno già i negativi in comunicazione colla terra.

Queste pile si distinguono col nome di pila *locale* e pila *mobile*, e l'unione di tali poli ha per iscopo di far tacere una suoneria a scatto elettrico, la quale, è messa nel circuito del polo negativo della pila *mobile*.

Digitized by Google

Con un mezzo istantaneo si potrà far cessare l'azione della pila *locale*, e trasformare la cosa in modo, che lo stesso filo conduttore, il quale fin qui aveva servito per opporre alla corrente della pila *mobile* quella della pila *locale*, diventi ora conduttore alla terra del polo positivo della pila *mobile* stessa; dove chiudendo il circuito, farà agire la suoneria, che vi stà compresa.

Una tal suoneria posta su di una locomotiva, potrà dare avviso al macchinista, se qualche pericolo avviene sulla linea che esso percorre.

Premessa così l'idea generale del principio, si vedrà in appresso come questo venga tradotto in sistema, e quali risultati si possano ottenere da esso.

Applicazione pratica del sistema.

Disposizione della linea (Tavola I.)

Ciascuna stazione è collocata alle due vicine per mezzo di un nuovo filo (*a*) che si metterà sui pali ordinarii (*x*) del telegrafo. Ad ogni chilometro di via è stabilita una verga di ferro (*b*) parallela ed a poca distanza dalla ruotaia, sostenuta da due pali (*c*) e disposta orizzontalmente all'altezza del telaio di una locomotiva. Questa verga è messa in comunicazione col nuovo filo ed è destinata ad offrire un punto di contatto ai convogli che percorrono la linea.

Disposizione sulla locomotiva (Tavola II.)

Sulla locomotiva di ciascun convoglio è stabilita una pila (*d*), i cui poli vanno ad un commutatore (*e*), per mezzo del quale l'uno di essi va alla terra passando per (*g*) le ruote della macchina, l'altro, girando il filo di una bobina, che trovasi nella suoneria (*f*), va a mettersi in comunicazione con tre molle di acciajo (*i*) disposte a fianco e sul telajo (*h*) della locomotiva. Son queste molle (*i*) che strisciando sulle verghe di ferro stabilite ad ogni chilometro della linea (*vedi Tav. III.*) formano così dei punti di contatto, dai quali il convoglio può ricevere

Digitized by Google

avvisi mediante il suono della campana che trovasi nella suoneria (*f*) sulla locomotiva. È l'azione magnetica della bobina che trovasi entro questa suoneria, che ne produce lo scatto a tempo debito.

Disposizione alla stazione (Tavola IV).

In ogni stazione vi è un apparecchio (*s*) al quale mettono capo i tronchi di filo (*a*) che collegano le stazioni. Una pila *locale* A mette i suoi poli ad un commutatore B per mezzo del quale l'uno è mandato alla terra per C, l'altro ad un indice distributore D destinato a dirigere la corrente sull'uno, o sull'altro dei due fili (*a*) della linea.

L'apparecchio consta come segue:

A) *Poli della pila locale,* che vanno al commutatore B.

B) *Commutatore* per cangiar polo all'indice D.

C) *Placca metallica*, che corrisponde alla terra pel filo C.

d) *Placca metallica,* che riceve la corrente dal commutatore B e la trasmette all'indice D, essendole a contatto.

D) *Indice Distributore* della corrente, che riceve dalla placca metallica (*d*)

E) *Bottone metallico,* che riceve direttamente il filo della linea (*a*).

a) *Capi di filo della linea;* l'estremità dei quali mette nelle due vicine stazioni, in identici apparecchi.

F) *Bottone metallico,* il quale comunica e colla terra mediante la molla G, e col filo della linea, (*a*), passando prima per la bobina H.

G) *Molla* che serve ad interrompere la comunicazione del bottone F colla terra, ogni qualvolta per mezzo dell'indice D si vuol mandare una corrente sul filo della linea (*a*), sia portandolo a contatto del bottone E che sul bottone F. In ambo i casi l'arco di circolo portato dall'indice D scosta la molla G dal suo punto d'arresto, e così ne interrompe la comunicazione colla terra.

H) *Bobina relais* destinata a ricevere tanto le chiamate delle stazioni vicine, che quelle di un convoglio, il quale percorrendo la linea abbia d'uopo di soccorso. Questa bobina diversifica al-

Digitized by Google

quanto dalle altre, onde raggiungere questo doppio scopo; perciò essa non ha sporgente che un sol capo del filo che la veste, cioè l'esterno; l'interno è saldato all'asse di ferro della sua armatura; per cui questo non solo si magnetizza al passare di una corrente, ma diventa eziandio conduttore.

I) *Àncora di ferro* che viene attratta dalla bobina H al passare di una corrente. Trovasi essa in comunicazione colla terra per mezzo del suo sostegno (*vedi Tav. V*). Quando viene una corrente pel filo della linea (*a*), cioè dalla pila della stazione vicina, l'àncora I agisce come in una suoneria a *trembleur;* se la corrente viene invece dalla pila *locale* A per mezzo dell'indice D, l'àncora in questione rimarrà costantemente attratta, perchè la corrente attraversando prima tutte le spire del filo della bobina, mantiene l'azione magnetica nell'asse di ferro e giunta al punto ove questo filo ha il suo capo saldato, da qui passerà alla terra per la via dell'àncora attratta, e del suo sostegno I.

L) *Punto di soluzione di continuità* nel filo L, il quale parte da una verga di ferro disposta davanti la stazione, ed identica a quella stabilita a ciascun chilometro della via. Allorchè un convoglio arriva alla stazione, la locomotiva si fermerà al contatto di questa verga colle sue molle (*vedi Tav. III*) ed attenderà ivi il segnale della partenza. Questo segnale vien dato dal Capo stazione, il quale non avrà che a passare sopra, coll'indice D, al punto L; allora la corrente della pila mobile che trovasi sul convoglio chiuderà tosto il suo circuito passando dalle molle alla verga quindi alla terra per il filo congiunto.

Condizioni relative al sistema.

Viene stabilito per massima che, ogn iconvoglio, il quale parta dalla stazione centrale per dirigersi verso l'estremità della linea, debba avere il polo rame della propria pila in comunicazione colle molle di contatto sulla locomotiva: la stazione lo deve accompagnare inviando sul filo della linea la corrente rame della sua pila *locale*. Tutti i convogli invece, che dall'estremità della linea si dirigono verso la stazione centrale, avranno in comunicazione, colle molle di contatto sulla locomotiva, il polo zingo della loro pila, e le stazioni li accompagneranno, inviando

Digitized by Google

sul filo della linea la corrente zinco delle rispettive pile locali.

Premessa tale massima generale, che è la norma direttrice del modo di azione del sistema, passiamo ora a mostrare in qual modo si debba operare, per far partire un convoglio verso l'estremità della linea.

Partenza di un convoglio e modo di agire (Tav. IV.)

Per far partire un convoglio si dovrà prima chiamare la stazione vicina e verso la quale deve correre il convoglio: per ciò fare si opererà nel modo seguente. Si porterà l'indice distributore D sul bottone E, il quale è in comunicazione diretta col filo della linea (*a*), e per esso si manderà la corrente alla stazione vicina, ove passando per la bobina corrispondente, andrà alla terra, producendo in quella l'effetto di una suoneria a *trembleur*, che avvertirà la stazione. Ciò fatto si ricondurrà tosto l'indice D nel mezzo dell'apparecchio, perchè si ripristini la comunicazione del filo della linea (*a*) colla terra, che s' interrompe al girar dell'indice D sul bottone F, e si attenderà la risposta. La stazione chiamata risponderà tosto, ripetendo l'identica operazione; solo che essa, invece di ricondurre l'indice D nel mezzo dell'apparecchio, lo lascerà alquanto divergente, perchè resti interrotta la comunicazione del filo della linea (*a*) colla terra.

Avuta così risposta, la stazione che deve far partire il convoglio, girerà tosto l'indice D sul bottone F perchè la corrente della pila locale da questo vada sul filo della linea (*a*) passando prima per la bobina H. Nel condurre quest'indice metallico sul punto designato, naturalmente prima scorre sul punto L, ove congiunge l'interruzione di quel filo, ed il suono della campana che trovasi sulla locomotiva non tarderà a farsi sentire, quale segnale di partenza. Il convoglio postosi in marcia, ogni qual volta passa vicino ad una delle verghe, poste sulla linea, le molle della locomotiva vi striscieranno sopra, ma la suoneria non ne risentirà effetto alcuno, perchè il contatto fra la verga e le molle rappresenta l'unione immediata dei poli positivi delle due pile, mentre i negativi corrispondono colla terra.

Digitized by Google

Effetti ottenibili dal sistema.

I. Le stazioni vicine possono trasmettersi avvisi fra di loro.

II. Si possono scambiare avvisi fra la stazione ed un convoglio in marcia.

III. Da un punto qualunque della linea si può trasmettere un avviso al convoglio in marcia, nonchè alla stazione.

IV. Se due convogli marciano nella medesima direzione sullo stesso tronco di via, ove il primo dovesse arrestarsi per un incidente qualunque, potrà avvertire l'altro che lo segue, nonchè la stazione nel tempo stesso.

V. Se due convogli si venissero incontro sullo stesso binario, con pericolo d'urto, entrambi resterebbero avvertiti del pericolo imminente, e la stazione pure ne sarebbe avvertita.

VI. È provveduto in modo che, ogni qual volta parte il convoglio dalla stazione, abbia già avuto luogo una controlleria esatta tanto sul filo della linea, che sulla pila e suoneria del convoglio; e ciò, in forza di alcune condizioni indispensabili nel servizio della locomozione.

Spiegazione relativa agli effetti ottenibili dal sistema.

I. *Trasmissione di avvisi fra due stazioni vicine.* — Nell'indicazione precedente, relativa *al modo con cui si operi per far partire un convoglio,* abbiamo già mostrato come si operi in tale circostanza.

II. *Trasmissione di avvisi fra il convoglio e la stazione, e viceversa.* — Allorchè un convoglio sulla linea per un incidente qualunque, ha d'uopo di mandare avviso alla stazione; se non trovasi dirimpetto ad una delle verghe di contatto disposte sulla via, dovrà agire nel modo seguente. Per mezzo del suo commutatore cambierà il polo della propria pila, che corrisponde alle molle di contatto della locomotiva; poscia mediante un'asta di legno, con filo metallico, metterà in comunicazione per un istante il filo della linea colle molle ora indicate. Da qui nascerà la chiusura del circuito fra le pile *locale* e *mobile*, perchè al momento le due correnti si sommeranno, e la suone-

Digitized by Google

ria sulla locomotiva darà l'allarme, come la bobina, nell'apparecchio della stazione, attrarrà la sua àncora. Da questo istante però una modificazione nel circuito avrà luogo, perchè l'àncora attratta, avendo comunicazione colla terra, la corrente della pila *locale* che continua a percorrere le spire del filo della bobina, arrivata all'asse di ferro, dove il capo estremo di questo è saldato, per tale via andrà dall'àncora alla terra, cessando così di percorrere il filo della linea. Questo filo che trovasi in comunicazione coll'armatura di ferro della bobina, diventa allora un conduttore alla terra di quelle correnti che potessero venire dalla pila di una o più macchine, le quali si presentassero poscia in questo tronco di via.

Se poi il convoglio avente d'uopo di soccorso, può passare davanti ad una delle verghe di ferro che trovansi ad ogni chilometro sulla via, non avrà d'uopo d'altro se nonchè di cambiare il polo della sua pila, come abbiamo veduto dianzi, chè, appena il contatto delle molle sulla verga di ferro avrà luogo, l'effetto or ora indicato tornerà a ripetersi.

La stazione potrà del pari dare avvisi al convoglio in corso, o commutando il polo della propria pila, o mettendo il filo della linea in comunicazione colla terra: nell'uno e nell'altro caso, appena il convoglio arriverà ad un punto di contatto sulla linea, la sua suoneria darà l'allarme, che simultaneamente si ripeterà nella bobina dell'apparecchio nella stazione.

III. *Da un punto qualunque della linea dare avvisi al convoglio in corso, ed alla stazione.* — Allorquando un cantoniere, per un caso improvviso avvenuto sulla linea vuole darne avviso alla stazione, od ai convogli in marcia: egli non avrà che a porre per un istante il filo della linea in comunicazione colla ruotaja, per mezzo di un'asta con filo metallico, che tosto si ripeterà la chiusura del solito circuito alla stazione, e lo stesso ordine di circostanze che abbiamo visto relative al filo della linea. Allora il convoglio in marcia appena sarà arrivato ad una verga di contatto, la sua pila chiuderà il circuito mandando la corrente alla terra pel filo della linea, e la suoneria darà l'allarme.

IV. *Due convogli, correndo nello stesso senso e sul medesimo tronco di via, come il primo, dovendosi arrestare, possa*

Digitized by Google

prevenire il secondo. — In questo caso i due convogli che percorrono nello stesso senso la linea, hanno entrambi lo stesso polo in comunicazione colle molle di contatto della locomotiva. Supposto dunque che il primo sorta di rotaia, o per altra causa qualunque, sia costretto a fermarsi, non si avrà che ad operare come nel modo indicato già pel caso II; vale a dire quello *di un convoglio che stando sulla linea vuole mandare avvisi alla Stazione;* chè le conseguenze provvederanno ugualmente a questo caso, vale a dire che, arrivato il secondo convoglio ad una verga metallica, riceverà l'avviso dal suono della propria suoneria, e si arresterà.

V. *Scontro di due convogli.* — Con questo sistema è reso affatto impossibile uno scontro. Siccome tutti i convogli che percorrono la linea in un senso, hanno un dato polo, e prima di lasciar la stazione, sono preceduti da una corrente mandata sul filo della linea della stazione stessa, così se, mentre il convoglio è in corso, un altro proveniente dalla parte opposta della linea gli venisse incontro, e non fosse per anco veduto dalla stazione che attende il primo partito, non appena sarà giunto alla prima verga di contatto, che incontrerà su questo tronco di via, la sua suoneria darà l'allarme; perchè in questa locomotiva il polo della pila che è in comunicazione delle molle di contatto, è contrario, a quello della pila *locale* della stazione che accompagna il primo convoglio. I fenomeni, che già abbiamo visto nei casi precedenti, qui pure si riproducono, per cui la suoneria del primo convoglio partito, che fin'allora aveva taciuto, per l'opposizione della corrente che presentava la pila *locale* alla *mobile*, si farà essa pure tosto sentire, appena arriverà ad una delle verghe di contatto che trovansi ad ogni chilometro della linea.

VI. *Controlleria sul sistema.* — Per poter garantire l'azione sicura del mio nuovo *avvisatore per le locomotive*, non vidi mezzo migliore di quello di assoggettare le parti tutte che compongono questo sistema, ad una ripetuta controlleria, onde riconoscere il loro vero stato. Per mostrare come io sia giunto a ciò ottenere, e nel modo il più semplice possibile, farò osservare, che prima di lasciar partire un convoglio, io prescrivo al capo stazione (invece dell'offiziale telegrafico) di farne avvertita la

Digitized by Google

Stazione che deve riceverlo, chiamandola cioè pel nuovo filo messo sulla linea. La risposta ottenuta mi darà intanto la certezza che, oltre il filo e le sue parti annesse, le pile *locali* pure trovansi nella condizione voluta. Presentavasi il dubbio che, prima di far partire il convoglio, venisse dimenticato dal capo stazione di portar l'indice D sul bottone F che manda la corrente al filo della linea com'è di prescrizione; ma rimediai a ciò col rendere subordinata quest'operazione all'avviso di partenza del convoglio; e fu perciò che introdussi nel mio apparato il filo L, con soluzione di continuità, onde al passarvi dell'indice D lo congiungesse, e la campana della suoneria, posta sulla locomotiva, venisse a rimpiazzare quei segnali che di abitudine si fanno in oggi, per invitare il convoglio alla partenza. Con tutto ciò una parte del sistema restava ancora senza controllo, ed era precisamente quella sulla locomotiva; ma ora il suono della campana della suoneria sul convoglio, all'atto della partenza, indicherà ivi pure, se tutto sia, in perfetto stato, conseguentemente se il convoglio possa mettersi in marcia.

Le cose portate a questo punto, mi sembra non possano più lasciare dubbio alcuno sulla certezza dei risultati del mio avvisatore, e come è indubitato che nelle pile *locali* e *mobili*, nonchè nella sicurezza de' suoi conduttori, riposa tutta l'importanza del sistema, così non potrassi negare che, colla ripetizione di tale controlleria ad ogni stazione, l'incertezza che offrivano gli altri sistemi sia, in questo, affatto tolta; come pure nel servizio è ovviato il pericolo che l'opera essenziale dell'uomo possa talvolta mancare.

Spese approssimative per l' impianto del sistema.

Ripetute esperienze, eseguite con questo sistema sulla ferrovia Aretina a Firenze, hanno provato la sua perfetta azione. Ripetendo ad uno ad uno tutti i casi che abbiamo qui avanti menzionati, i risultati furono tutti precisi e decisivi. In conseguenza di tali esperimenti la Società per *la linea Centrale Toscana* proponevasi di mettere il mio sistema in esercizio, su di un tronco di questa sua nuova linea, e perciò si fecero gli opportuni studj, nonchè il calcolo approssimato delle spese oc-

Digitized by Google

correnti pel suo impianto. È da questi dati che ricavo le cifre seguenti, le quali possono servire di norma generale per l'impianto del mio *Avvisatore elettrico* su una linea qualunque.

Nuovo filo sospeso, e verghe di ferro formanti il contatto lungo la linea. — Per ogni chil.°	.	it. Lir.	150. 00
Apparecchio per la stazione . . .	cadauno	«	200. 00
Suoneria per la locomotiva	id.	«	200. 00
Molle d'acciajo, e parti relative da porsi sulle locomotive e loro posizione in opera — per una locomotiva		»	400. 00
Pila locale	cadauna	»	30. 00
Pila mobile	id.	»	35. 00

Continuazione e fine della Memoria: **Sopra alcuni punti della teoria della costruzione dei generatori di vapore; del Prof. Giovanni Codazza.**

In ogni caso però, o a rigore, o con approssimazione più che sufficiente per la pratica, si potrà considerare rappresentata l'area della sezione del condotto da una espressione $K\rho$, in cui K è una quantità convenientemente scelta e costante per uno stesso condotto, e ρ è una dimensione lineare variabile colle sezioni del condotto.

Denominando Σ_f l'area della sezione finale del condotto, a cui corrisponde la temperatura finale T_f del fumo, area che vedremo nel § 4 come si determini, e Σ l'area di una sezione qualunque, a cui corrisponde la temperatura qualsivoglia t, e rappresentando con α il numero 0,00367, sarà

$$\frac{\Sigma}{\Sigma_f} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha T_f} \quad . \qquad (75)$$

In questa espressione della sezione variabile Σ, non vi è altra incognita che la temperatura corrispondente T in funzione di l.

Digitized by Google

Per determinarla, osservo che dalle (27) e (32) del capo I si ottiene

$$T = t + (T_1 - T_1) e^{-\mu S l} , \qquad (76)$$

in cui $\mu = m + \varepsilon n$. Il simbolo ε ha il valore zero pei sistemi senza circolazione, ed il valore $+ 1$, ovvero $- 1$ per il sistema a circolazione diretta od a circolazione reciproca. Nel sistema poi senza circolazione è $t_1 = t$ costante; in quello a circolazione diretta, t_1 rappresenta la temperatura iniziale t_i del fluido riscaldato; in quello a circolazione reciproca, t_1 rappresenta la temperatura finale t_f di esso fluido (capo I, art. III, § 3 e 4). Ma si è trovato nel detto §. 3;

$$\frac{dt}{dl} = \varepsilon n (T - t),$$

e combinando questa colla precedente

$$\frac{dt}{dl} = \varepsilon n (T_1 - t_1) e^{-\mu S l} ,$$

di cui l'integrale, che comincia con $l = 0$, è

$$t = t_1 + \varepsilon n \frac{(T_1 - t_1)}{\mu S} \left(1 - e^{-\mu S l}\right) . \qquad (77)$$

Combinando le (76), (77), si ha il valore di T in funzione di l e di quantità che si ritengono cognite. Sostituendo questo valore nella (75) si ottiene

$$\Sigma = \frac{\Sigma_f}{1 + \alpha T_f} \cdot \left(a + b e^{-\mu S l}\right) , \qquad (78)$$

in cui, per semplicità di scrittura, si è posto

$$a = 1 + \alpha t_1 + \frac{\alpha \varepsilon n}{\mu S} (T_1 - t_1)$$

$$b = \alpha \left(1 - \frac{\varepsilon n}{\mu S}\right) (T_1 - t_1) . \qquad (79)$$

Digitized by Google

Rappresentando rispettivamente con a_1, b_1 ; a_2, b_2 ; a_3, b_3 i valori di a, b corrispondenti ai tre sistemi, e ricordando le denominazioni del §. 5, art. III, capo I, si avranno, invece delle scritture generali (79), le seguenti, appropriate rispettivamente ai tre sistemi, senza circolazione, a circolazione diretta, ed a circolazione reciproca:

$$\left.\begin{aligned}
a_1 &= 1 + \alpha t_{f_1} \\
b_1 &= \alpha\,(T_{i_1} - t_{f_1}) \\
a_2 &= 1 + \alpha t_{i_2} + \frac{\alpha n}{(m+n)S}\,(T_{i_2} - t_{i_2}) \\
b_2 &= \alpha\left(1 - \frac{n}{(m+n)S}\,(T_{i_2} - t_{i_2})\right) \\
a_3 &= 1 + \alpha t_{f_3} - \frac{\alpha n}{(m-n)S}\,(T_{i_3} - t_{f_3}) \\
b_3 &= \alpha\left(1 + \frac{n}{(m-n)S}\,(T_{i_3} - t_{f_3})\right).
\end{aligned}\right\} \qquad (80)$$

Ritenendo $\Sigma = K\rho$, e rappresentando con ρ_f il valore di ρ, corrispondente a Σ_f, si può alla (78) dare la forma seguente:

$$\rho = M + N e^{-\mu S l} \qquad (81)$$

in cui

$$M = \frac{a\Sigma_f}{K(1 + \alpha T_f)}\,, \qquad N = \frac{b\Sigma_f}{K(1 + \alpha T_f)}\,. \qquad (82)$$

La (81) rappresenta *il profilo longitudinale del condotto,* supposto il profilo trasversale determinato in uno dei modi indicati al principio di questo paragrafo.

Quando il profilo longitudinale della caldaja è una retta, allora la (81) *rappresenta una logaritmica che ha per assintoto una parallela alla retta, profilo longitudinale della caldaja, e distante da essa di* M. Difatti, ponendo

$$r = \rho - M,$$

Digitized by Google

l'equazione del profilo del condotto diviene

$$r = N e^{-\mu S l} ,$$

dalla quale

$$r\,(l = \infty) = 0 .$$

Dalle (81), (82) si rileva, che *la legge che governa la forma dei condotti del fumo è la stessa per tutti e tre i sistemi di riscaldamento contemplati.*

Quanto ai valori numerici delle ordinate nel profilo longitudinale del condotto, riferite al profilo longitudinale della caldaja come asse, essi non differiscono in modo sensibile per la pratica, passando dall' un sistema all' altro.

Di fatti, dalla (60) si ha

$$\frac{m}{m \pm n} = \frac{1}{\frac{m}{n} \pm 1} = \frac{1}{\Theta - T_f \pm 1} ,$$

quantità estremamente piccola.

A persuadersene, si calcoli il valore di questa frazione fra i limiti $T_f = 600°$, $T_f = 400°$ e $T_f = 200°$, supposto $\Theta = 1200°$. Si ha

$$\begin{aligned}
&\text{per } T_f = 600° , \quad \frac{n}{m+n} = 0{,}00166 , \quad \frac{n}{m-n} = 0{,}00167 , \\
&\text{per } T_f = 400° , \quad \frac{n}{m+n} = 0{,}00125 , \quad \frac{n}{m-n} = 0{,}00125 , \qquad (85) \\
&\text{per } T_f = 200° , \quad \frac{n}{m+n} = 0{,}00099 , \quad \frac{n}{m-n} = 0{,}00100 ,
\end{aligned}$$

e quindi

$$\begin{aligned}
&\text{per } T_f < 600° \quad \text{è} \quad \alpha \frac{n}{m \pm n} < 0{,}0000061 , \\
&\text{per } T_f < 400° \quad \text{è} \quad \alpha \frac{n}{m \pm n} < 0{,}0000046 , \qquad (85a) \\
&\text{per } T_f < 200° \quad \text{è} \quad \alpha \frac{n}{m \pm n} < 0{,}0000036 ,
\end{aligned}$$

Digitized by Google

Se per semplicità di scrittura si pone

$$\frac{\Sigma f}{K(1+\alpha T_f)} = B$$

$$\frac{\alpha n(T_{i_2} - t_{i_2})}{(m+n)S} = \delta \quad , \quad \frac{\alpha n(T_{i_3} - t_{f_3})}{(m+n)S} = \delta_1 \, , \tag{84}$$

e se si rappresentano con ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 le ordinate dei tre profili dei condotti, nei tre casi contemplati nelle (80), si ha

$$\begin{aligned} a_2 &= a_1 + \delta & b_2 &= b_1 - \delta \\ a_3 &= a_1 - \delta_1 & b_3 &= b_1 + \delta_1 \end{aligned} \tag{85}$$

$$\begin{aligned} \rho_2 &= \rho_1 + \delta B \left(1 - e^{-\mu S l}\right) \\ \rho_3 &= \rho_1 - \delta_1 B \left(1 - e^{-\mu S l}\right) . \end{aligned} \tag{86}$$

Le quali ci insegnano, che, supposte eguali tutte le altre condizioni, *i sistemi a circolazione diretta richiedono sezioni di condotti maggiori delle corrispondenti pei sistemi senza circolazione, ed i sistemi a circolazione reciproca richiedono invece sezioni di condotti minori delle corrispondenti pei sistemi senza circolazione.*

Dalle (83) si rileva che, per $\Theta = 1200^0$, e $T_f < 600^0$, i due numeri $\frac{n}{m+n}$, $\frac{n}{m-n}$ differiscono fra loro meno di un milionesimo.

Se invece si suppone $T_{i_2} = T_{i_3}$ sarà sempre

$$T_{i_2} - t_{i_2} > T_{i_3} - t_{f_3}$$

e quindi

$$\delta > \delta_1 \, , \; \rho_2 - \rho_1 > \rho_1 - \rho_3 ;$$

ossia, *l'eccesso delle sezioni dei condotti pei sistemi a circolazione diretta, rispetto alle corrispondenti pei sistemi sen-*

Digitized by Google

za circolazione, supera l' eccesso di queste, rispetto alle corrispondenti pei sistemi a circolazione reciproca.

Dalle (84) si rileva, che i valori di δ e δ_1 aumentano all' impiccolire la lunghezza assoluta dell' arco S, misurata in metri, mentre invece aumentando S, diminuisce il valore numerico della differenza $1 - e^{-\mu Sl}$; ma le variazioni di questa differenza, dipendenti dal valore di S, sono assai meno rapide delle corrispondenti variazioni di δ e δ_1. Si deduce da ciò che *l' influenza della circolazione del fluido riscaldato sulla scala delle ampiezze delle sezioni dei condotti del fumo, è tanto maggiore quanto è più piccolo l' arco di profilo trasversale di caldaja compreso nel profilo trasversale del condotto.*

§. 3. *Delle quantità di calore consunte nel vincere le resistenze al moto dei gas riscaldanti entro i condotti del fumo.*

È noto che, denominando L la lunghezza sviluppata del condotto, la cui sezione sia costante, Σ l' area di questa sezione, P il perimetro di essa, v la velocità in essa sezione, ritenute le misure in metri lineari o quadrati, ed A il peso in chilogrammi del fluido che passa attraverso la sezione Σ in 1", si può rappresentare in chilogrammetri *il lavoro occorrente a vincere la resistenza al moto del fluido entro il condotto* coll'espressione.

$$\xi \cdot \frac{ALP}{\Sigma} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

dove ξ è un coefficiente sperimentale. Indicando quindi con $\frac{1}{I}$ *l' equivalente dinamico di una caloria*, ossia il numero di chilogrammetri di lavoro, che bisogna opportunamente spendere per elevare di 1° la temperatura di 1ch. d'acqua, e con q la quantità di calore consunto, sarà

$$q = I\xi \frac{ALP}{\Sigma} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (87)$$

la quantità di calore consunto nel vincere la detta resistenza, espressa in numero di calorie.

Digitized by Google

Dalle ricerche di Girard, d' Aubuisson, Buff e Pecqueur, si può ritenere come valore medio per l' aria $\xi = 0{,}024$. Per il fumo che aderisce alle pareti dei condotti, massime quando le superficie interne di essi sieno coperte di fuliggine, si dovrà ritenere per ξ un valore alquanto maggiore. Esso però non entra nella nostra indagine che sotto forma simbolica, proponendoci dei confronti e non delle misure assolute. Lo stesso dicasi di $\frac{1}{I}$. Il valore di esso, assegnato da Joule, e confermato dalle dotte indagini del prof. Turazza, (*), è 424,27 chilogrammetri.

Se si considerino i profili trasversali dei condotti generati in uno dei modi indicati al principio del paragrafo precedente, allora, ritenendo che S rappresenti sempre la misura di ciascuno dei due lati curvilinei del profilo, sarà

$$P = 2\,(S + \rho), \qquad (88)$$

ed in generale, supponendo sostituiti ai due lati rettilinei due altri lati curvilinei, di cui quelli siano corde, si potrà ritenere

$$P = 2\,(S + \nu\rho), \qquad (88_a)$$

dove ν sia un numero costante opportuno : quindi, ritenendo

$$\Sigma = K\rho,$$

si potrà alla (87) dare la forma seguente:

$$q = I\xi \frac{v^2}{2g} A L \left(\frac{2S}{K\rho} + \frac{2\nu}{K}\right). \qquad (89)$$

Questa formola vale finchè sono costanti v e ρ.

Se l'una o l'altra di queste quantità sono variabili, ponendo la (89) sotto la forma

$$q = L\,\Phi\,(v, \rho),$$

(*) *Sulla teoria dinamica del calore* — Memorie dell' Istituto Veneto, vol. VIII.

Digitized by Google

e rappresentando con Q la quantità totale di calore consunta, sarà manifestamente

$$\frac{dQ}{dl} = \varphi(v, \rho) .$$

Si considerino ora distintamente i due casi che ci siamo proposti nel paragrafo primo, nei quali cioè si consideri ρ variabile e v, costante, ovvero ρ costante e v variabile.

CASO I, *in cui si considera ρ variabile e v costante.*

Denominando Q_1 la quantità di calore consunta nel vincere la resistenza al moto dei gas entro i condotti, sarà

$$\frac{dQ_1}{dl} = I\xi \frac{Av^2}{g} \frac{S}{K} \left(\frac{1}{\rho} + \nu\right) ,$$

ossia, ponendo per ρ il suo valore dato dalla (81), tenendo conto delle (82), e della prima delle (84),

$$\frac{dQ_1}{dl} = \frac{B_1}{B} \frac{1}{a + b e^{-\mu S l}} + B_1 \nu , \qquad (90)$$

in cui

$$B_1 = I\xi \frac{Av^2}{g} \frac{S}{K} ,$$

e poichè

$$\int \frac{dl}{a + b e^{-\mu S l}} = \frac{1}{a} \left\{ l + \frac{\log. \left(1 + \frac{b}{a} e^{-\mu S l}\right)}{\mu S} \right\} + \text{cost.} ,$$

integrando la (90) fra i limiti $l = 0$ ed $l = L$, sarà

$$Q_1 = \frac{B_1}{Ba} \left\{ L + \frac{1}{\mu S} \log. \frac{a + b e^{-\mu S l}}{a + b} \right\} + B_1 \nu L . \qquad (91)$$

CASO II, *in cui si considera ρ costante e v variabile.*

Denomino analogamente Q_2 la quantità di calore consunta

Digitized by Google

in questo caso nel vincere la resistenza suddetta. Nel caso di Σ costante, è

$$\frac{v}{v_f} = \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha T_f}, \qquad (92)$$

in cui v_f, rappresenta la velocità nella sezione finale corrispondente alla temperatura T_f. Inoltre, per le (76), (77),

$$1 + \alpha T = a + b e^{-\mu S l}.$$

Le quantità rappresentate da a, b, sono date dalle (79). Sarà quindi

$$v = \frac{v_f}{(1 + \alpha T_f)} \left(a + b e^{-\mu S l}\right), \qquad (93)$$

e

$$\frac{dQ_2}{dl} = B_2 D \left(a + b e^{-\mu S l}\right)^2, \qquad (94)$$

in cui, per semplicità di scrittura, è

$$\begin{aligned} B_2 &= I \xi \frac{A V^2_f}{g} \cdot \frac{S}{K} \\ D &= \left(\frac{1}{\rho} + \nu\right) \frac{1}{(1 + \alpha T_f)^2}. \end{aligned} \qquad (95)$$

Integrando la (94) fra i limiti $l = 0$ ed $l = L$, si ottiene

$$Q_2 = B_2 D \left(a^2 L + \frac{2ab}{\mu S}\left(1 - e^{-\mu S L}\right) + \frac{b^2}{2\mu S}\left(1 - e^{-2\mu S L}\right)\right). \qquad (96)$$

Le forme delle funzioni che rappresentano Q_1, Q_2, non consentono di determinare in termini finiti il rapporto fra i valori generali di esse. Si può però ottenere *il valore numerico del rapporto* $\frac{Q_1}{Q_2}$ *con un' approssimazione più che sufficiente per la pratica*, colle seguenti considerazioni:

Digitized by Google

Avverto, innanzi tutto, che per le considerazioni fatte nei paragrafi 4 e 5, articolo precedente, relazioni (61), (63), (66), e tenendo conto dei valori registrati nelle (3), si può ritenere in ogni caso

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m} = \frac{VP}{\lambda}, \qquad (97)$$

in cui V, P, λ hanno il significato attribuito loro nel §. 1, art. I di questo capo. Osservo inoltre, che per i valori registrati nella terza colonna della tabella del §. 1, art. I suddetto, si può ritenere

$$\frac{V}{C} = \text{cost.} \qquad (98)$$

pei diversi combustibili, con un errore minore di 0,0006; e poichè, per ottenere una determinata quantità di calorico svolto nella combustione, deve essere pure, per i diversi combustibili,

$$PC = \text{cost.} \qquad (99)$$

così il prodotto di queste ultime due darà pure

$$VP = \text{cost.}, \qquad (100)$$

per i diversi combustibili, onde ottenere una stessa quantità di calore svolto nella combustione.

Premesse queste avvertenze, si dimostra facilmente che entro i limiti di approssimazione indicati, *la frazione delle quantità di calore svolto nella combustione che viene consunta per superare la resistenza al movimento del fumo entro i condotti*, è, in ambedue i casi considerati, *indipendente dalla natura del combustibile che si usa.*

Difatti, si avverta che il valore di ρ (costante) nel secondo caso è eguale al valore di ρf, corrispondente alla sezione finale nel primo, e che il valore di v (costante) nel primo caso è eguale al valore di v_f, corrispondente pure alla sezione finale nel secondo; per cui sarà

$$B_1 = B_2 .$$

Digitized by Google

Ponendo quindi

$$I\xi\, v'_f\, S = A$$

$$1 + \alpha\, T_f = H$$

$$k\rho_f = \Sigma_f \qquad (101)$$

$$A = V g p \;\; ; \;\; SL = F;$$

rappresentando con

$$Q = p\,C$$

l'intera quantità di calore svolta nella combustione in ogni 1", e tenendo conto delle (91), (96), (97), si ha

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{AH}{a\Sigma} \cdot \frac{V}{C} L \left(1 + \frac{VP}{\lambda F} \log. \frac{a + b\, e^{-\frac{\lambda F}{VP}}}{a + b}\right) + \nu \frac{A}{K} \cdot \frac{V}{C} L, \qquad (102)$$

$$\frac{Q_2}{Q} = \frac{A}{H^2} \left(\frac{1}{\Sigma_f} + \frac{\nu}{K}\right) \frac{V}{C} L \left(1 + \frac{2ab}{\lambda} \frac{VP}{F}\left(1 - e^{-\frac{\lambda F}{VP}}\right)\right. \qquad (103)$$

$$\left. + \frac{b^2}{2\lambda} \cdot \frac{VP}{F}\left(1 - e^{-\frac{2\lambda F}{VP}}\right)\right).$$

Le sole quantità dipendenti dalla natura dei combustibili, che entrano nelle espressioni dei rapporti $\frac{Q_1}{Q}$, $\frac{Q_2}{Q}$ sono il quoto $\frac{V}{C}$ ed il prodotto VP, e quindi per le (98), (100) riesce dimostrata la proposizione superiormente annunciata. È perciò, entro gli stessi limiti di approssimazione, *indipendente dalla natura del combustibile* anche *il rapporto*

$$\frac{Q_1}{Q_2}.$$

Digitized by Google

Ambedue le espressioni (102) (103) poi chiariscono facilmente che ambedue i valori dei rapporti $\frac{Q_1}{Q}$, $\frac{Q_2}{Q}$ aumentano, aumentando il valore del rapporto $\frac{P}{F}$, ossia *la frazione del calore svolto dalla combustione, che viene consunta nel vincere la resistenza al movimento del fumo entro i condotti, aumenta aumentando il consumo di combustibile per ora e per metro quadrato di superficie di riscaldamento.*

Premessa questa avvertenza, si potrà, calcolare il valore numerico del rapporto $\frac{Q_1}{Q_2}$ per un determinato combustibile, ed assumerlo come valore generale di esso, ottenuto con un'approssimazione più che sufficiente per la pratica.

§. 4. *Valore numerico del rapporto $\frac{Q_1}{Q_2}$ fra le quantità di calore consunte nel vincere la resistenza al moto del fumo entro i condotti, nei due casi contemplati, che sia, cioè, o costante la sezione del condotto, o costante la velocità del fumo che lo percorre.*

Nelle formole analitiche esposte nel paragrafo precedente, si è tenuto conto che i condotti potessero avere dimensioni anche piccole. Nell'applicazione numerica che siamo per fare, riterremo che essi appartengano ad un generatore di media forza almeno, essendo per essi che più importa lo studio dell'economia del combustibile. Supponendo il profilo trasversale del condotto determinato in uno dei modi indicati al principio del §. 2, coll'avvertenza al *principio* annunciato nel §. 1, si potrà nella (88) trascurare la somma 2ρ dei lati rettilinei, rispetto alla somma 2S dei lati curvilinei, ossia, si potrà nella (88_a) supporre, in una prima approssimazione, $\nu = 0$. Inoltre, avendo riguardo alle relazioni (83_a) ed ai valori (84), è manifesto che, per S sufficientemente grande, saranno trascurabili le quantità δ, δ_1 relative ai due sistemi a circolazione, e si potrà ritenere in ogni caso $a = a_1$, $b = b_1$, dove a_1, b_1, dati dalle (80), sono i valori esatti di a, b per il sistema senza circolazione.

Digitized by Google

In tal caso, dalle (102), (103), si ha

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H^2}{a} \cdot \frac{1 + \frac{VP}{\lambda F} \log. \frac{a + b\, e^{-\frac{\lambda F}{VP}}}{a + b}}{1 + \frac{2ab}{\lambda} \frac{VP}{F}\left(1 - e^{-\frac{\lambda F}{VP}}\right) + \frac{b^2}{2\lambda} \frac{VP}{F}\left(1 - e^{-\frac{2\lambda F}{VP}}\right)} . \quad (104)$$

Scelgo per combustibile il carbon fossile, per cui

$$V = 18 \quad ; \quad \lambda = 66{,}46.$$

ed assumo come valori medj

$$\frac{P}{F} = 4 \ , \ T_i = 1200^0 \ , \ Tf = 300^0 \ , \ t = 140^0.$$

Con questi dati si ottiene

$$H = 2{,}101 \ ; \ a = 1{,}514 \ ; \ b = 3{,}890 \ , \ e^{-\frac{\lambda F}{PV}} = e^{-0{,}98}$$

$$= 0{,}399 \ , \ e^{-\frac{2\lambda F}{VP}} = 0{,}264 \ .$$

Sostituendo questi valori nella (104), si ottiene

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 6{,}12 \ \frac{0{,}425}{13{,}894} = 0{,}198 \ . \quad (105)$$

Se ora si vogliano considerare anche i termini contenuti nelle (102) e (103), moltiplicati per ν, osservo che, ponendo la (104) sotto la forma

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H^2}{a} \frac{M}{N} ,$$

quando si tenga conto dei detti termini, sarà

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H^2}{a} \cdot \frac{M + \frac{a}{H} \cdot \frac{\nu \Sigma f}{K}}{N\left(1 + H^2 \frac{\nu \Sigma f}{K}\right)} ,$$

Digitized by Google

ossia, ponendo in questa i valori numerici precedenti, e sostituendo $K\rho f$ in luogo di Σf,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = 6{,}12\,\frac{0{,}425 + 0{,}72\,\nu\rho f}{13{,}894 + 61{,}33\,\nu\rho f}\,. \qquad (106)$$

La quale ci insegna che per tutti i valori positivi di $\nu\rho f$, ed anche pei valori negativi compresi fra zero e $-0{,}22$, è sempre il valore di $\frac{Q_1}{Q_2}$ dato dalla (106), minore di quello dato dalla (105).

Si potrà quindi assumere in ogni caso come limite massimo,

$$\frac{Q_1}{Q_2} < 0{,}20\,, \qquad (107)$$

ossia, *la quantità di calore consunto nel vincere la resistenza al moto del fumo entro i condotti, disposti in guisa che esso conservi una velocità costante*, poste le altre circostanze eguali, *è meno di un quinto di quella consunta nel vincere la resistenza al moto del fumo entro condotti a sezione costante*.

§. 5. *Applicazione dei principj precedenti alla determinazione delle dimensioni dei condotti del fumo.*

Fissato il consumo P di combustibile per ora, e quindi quello p per 1″, si ha il volume V di aria occorrente alla combustione.

Veramente, secondo Peclet, i volumi (ridotti a 0°) dei gas che passano per il camino, superano alquanto il volume d'aria (pure ridotto a 0°) che attraversa la griglia. Siccome però non tutto il combustibile è arso, ma qualche porzione, cadendo dalla griglia, fugge sempre alla combustione; così si potrebbero ritenere pei detti gas gli stessi valori di V, adattati come termini medj nell'articolo I di questo capo. Per maggiore esattezza però, rappresentando sempre con V il volume pratico d'aria occorrente alla combustione, e con $\mathfrak{V}$ il corrispondente volume di gas che passa per il camino (ridotti ambedue i volumi a

Digitized by Google

0°), ho calcolato, sui dati offerti da Peclet, la seguente tabella:

per il carbon fossile. . . . . $\mathfrak{v} = 1{,}018\ V$

« il carbone di legna. . . . . $\mathfrak{v} = V$

« il coke ordinario . . . . . $\mathfrak{v} = V$

« il carbone di torba . . . . . $\mathfrak{v} = V$

« la torba disseccata . . . . . $\mathfrak{v} = 1{,}042\ V$

» la torba a 20 per % d'acqua. . . . $\mathfrak{v} = 1{,}070\ V$

« la legna disseccata . . . . . $\mathfrak{v} = 1{,}088\ V$

« la legna a 20 per % d'acqua. . . . $\mathfrak{v} = 1{,}133\ V$.

Oltre alla conoscenza di P, e quindi di $\mathfrak{v}$, è mestieri conoscere la temperatura finale T_f del fumo, la quale, come si è visto nell'articolo precedente, corrisponde ad una determinata efficacia del generatore, e si ottiene con un'opportuna estensione della superficie di riscaldamento.

Con questi dati si potrà calcolare l'area della sezione del camino, e quindi l'area della sezione Σ_f di scarico del fumo in esso.

È nota la formola di Peclet, che risolve questa quistione per il caso *in cui sia costante la sezione dei condotti del fumo*, che è il modo con cui furono fin qui costruiti. Io mi propongo di trovare formole più comode per il calcolo numerico, tanto per il caso suddetto, che per quello in cui *le sezioni dei condotti varino in guisa che si conservi costante la velocità del fumo che circola per essi*.

Dalla teoria dei camini, ponendo v la velocità teorica del fumo che si scarica, H l'altezza del camino ed α il coefficiente di dilatazione dei gas, si ha

$$v = \sqrt{2g\alpha} \cdot \sqrt{(T_f - \theta)H}, \qquad (108)$$

in cui g è la forza acceleratrice di gravità, e T_f, θ hanno i significati fin qui loro conservati.

Secondo Peclet, la perdita di calorico dovuta alla resistenza

Digitized by Google

al moto del fumo in condotti a sezione costante, è rappresentata da

$$0{,}05\,\frac{l}{d}\,\frac{v^2}{2g}\,, \qquad (a)$$

in cui l è la lunghezza di tutto il circuito dei condotti, e d è il diametro medio costante della sezione di essi; quella poi dovuta a tutte le altre resistenze, è valutata a

$$1\,2\,\frac{v^2}{2g}\,. \qquad (b)$$

Questa è indipendente dalla forma dei condotti; la prima per i condotti in cui il fumo circola con velocità costante, si ridurrà per ciò che fu dimostrato al termine del paragrafo precedente, a

$$0{,}01\,\frac{l}{d}\,\frac{v^2}{2g}\,, \qquad (a')$$

in cui d rappresenterà il diametro medio relativo alla sezione di scarico.

CASO I. — *Condotti a sezione variabile, in cui si muove il fumo con velocità costante.*

Sottraendo adunque dal valore di $\frac{v^2}{2g}$, dato dalla (108), le due perdite (b), (a'), si ottiene

$$\frac{v^2}{2g} = \alpha\,(Tf - \theta)\,H - \left(0{,}01\,\frac{l}{d} + 12\right)\frac{v^2}{2g}\,, \qquad (109)$$

e quindi, ponendo

$$\frac{l}{d} = n\,,$$

$$v = \sqrt{\frac{2g\alpha}{13 + 0{,}01\,n}}\,\sqrt{(Tf - \theta)\,H}\,, \qquad (110)$$

Digitized by Google

dove v rappresenta non più la *velocità teorica,* ma la *velocità pratica* del fumo.

Calcolando il valore del coefficiente numerico $\sqrt{\frac{2g\alpha}{13 + 0{,}01 \cdot n}}$ nelle tre ipotesi di $n = 0$, $n = 100$, $n = 200$, si ottiene

$$\sqrt{\frac{2g\alpha}{13}} = 0{,}0747$$

$$\sqrt{\frac{2g\alpha}{14}} = 0{,}0720$$

$$\sqrt{\frac{2g\alpha}{15}} = 0{,}0695;$$

e quindi, denominando v_0, v_1, v_2 i corrispondenti valori di v, è

$$\begin{aligned} v_0 &= 0{,}0747 \sqrt{(T_f - \theta)\,H} \\ v_1 &= 0{,}0720 \sqrt{(T_f - \theta)\,H} \\ v_2 &= 0{,}0695 \sqrt{(T_f - \theta)\,H}. \end{aligned} \qquad (111)$$

Si avrà inoltre la sezione di scarico mediante la formola

$$\Sigma_f = \frac{P\,v}{3600}\,(1 + \alpha T_f) \cdot \frac{1}{v}. \qquad (112)$$

Nei generatori ordinarj il valore di $\frac{l}{d}$ è compreso fra 50 e 150, per cui si potrà, in generale e con un'approssimazione sufficiente in pratica, assumere per v il suo valore v_1, dato dalla seconda delle (111). Per mostrare entro quali limiti di approssimazione si possa ottenere Σ_f, ho calcolato il suo valore in funzione di H, per i tre valori di v dati dalle (111), e nelle due ipotesi di $T_f - \theta = 300°$, $T_f - \theta = 200°$.

Continuando a tal uopo a rappresentare con v_0, v_1, v_2 i valori di v dati dalle (111), nell'ipotesi di $T_f - \theta = 300°$, e

Digitized by Google

rappresentando con $\Sigma_0, \Sigma_1, \Sigma_2$ i corrispondenti valori di Σf; rappresento con $v'_0, v'_1, v'_2, \Sigma'_0, \Sigma'_1, \Sigma'_2$ gli analoghi valori nell'ipotesi di $T_f - \theta = 200°$. Ponendo quindi per semplicità

$$\frac{P.V}{3600} \cdot \frac{1}{\sqrt{H}} = \mathfrak{z} \ , \qquad (113)$$

si ottiene

$$v_0 = 1{,}294 \sqrt{H} \qquad \Sigma_0 = 1{,}622\ \mathfrak{z}$$
$$v'_0 = 1{,}056 \sqrt{H} \qquad \Sigma'_0 = 1{,}642\ \mathfrak{z} \qquad (114)$$

$$v_1 = 1{,}249 \sqrt{H} \qquad \Sigma_1 = 1{,}681\ \mathfrak{z}$$
$$v'_1 = 1{,}019 \sqrt{H} \qquad \Sigma'_1 = 1{,}701\ \mathfrak{z} \qquad (115)$$

$$v_2 = 1{,}204 \sqrt{H} \qquad \Sigma_2 = 1{,}744\ \mathfrak{z}$$
$$v'_2 = 0{,}982 \sqrt{H} \qquad \Sigma'_2 = 1{,}764\ \mathfrak{z}; \qquad (116)$$

le (114) varranno per i valori di n inferiori a 50, le (115) per i valori di n compresi fra 50 e 150, e le (116) per i valori di n superiori a 150.

Che si possano usare con confidenza queste formole, si rileva osservando che, entro i limiti del numero di cifre decimali usate, si ha

$$\Sigma_2 - \Sigma_1 = \Sigma'_2 - \Sigma'_1 = 0{,}063\ \mathfrak{z} = 0{,}0374\ \Sigma_1 = 0{,}0370\ \Sigma'_1$$

$$\Sigma_1 - \Sigma_0 = \Sigma'_1 - \Sigma'_0 = 0{,}059\ \mathfrak{z} = 0{,}0350\ \Sigma_1 = 0{,}0346\ \Sigma'_1$$

$$v_0 - v_1 = v_1 - v_2 = 0{,}045 \sqrt{H} = 0{,}0360\ v_1 = 0{,}0441\ v'_1$$

$$v'_0 - v'_1 = v'_1 - v'_2 = 0{,}037 \sqrt{H} = 0{,}0796\ v_1 = 0{,}0363\ v'_1.$$

In ogni caso i risultati ottenuti con queste formole, per il caso che il fumo circoli con velocità costante, non sono meno esatti di quelli ottenuti dalla formola nota di Peclet per il caso che

Digitized by Google

i condotti sieno a sezione costante, giacchè per questa il diametro della sezione del camino si determina mediante un'equazione di quinto grado rispetto al diametro stesso, la quale non può essere risolta che per approssimazioni successive.

CASO II — *Condotti a sezione costante, in cui si muove il fumo con velocità variabile.*

Sottraendo dalla (108) le perdite (*a*), (*b*), e ponendo ancora $\frac{l}{d} = n$, si ha

$$v = \sqrt{\frac{2ga}{13 + 0{,}05\,n}} \cdot \sqrt{H(T_f - \theta)} \qquad (117)$$

per rappresentare la *velocità pratica* del fumo.

Facendo ancora le tre ipotesi di $n = 0, n = 100, n = 200$, e le due ipotesi $T_f - \theta = 300°$, $T_f - \theta = 200°$, e conservando alle denominazioni v_0, $v_1 \ldots v'_0 \ldots \Sigma_0$, $\Sigma_1 \ldots \Sigma'_0 \ldots$ lo stesso significato relativo a queste ipotesi, che fu loro attribuito per il caso precedente, si otterranno i seguenti valori:

$$\left.\begin{aligned} v_0 &= 1{,}294\sqrt{H} & \Sigma_0 &= 1{,}622\,\mathfrak{Z} \\ v'_0 &= 1{,}056\sqrt{H} & \Sigma'_0 &= 1{,}642\,\mathfrak{Z} \end{aligned}\right\} \qquad (118)$$

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= 1{,}098\sqrt{H} & \Sigma_1 &= 1{,}913\,\mathfrak{Z} \\ v'_1 &= 0{,}896\sqrt{H} & \Sigma'_1 &= 1{,}935\,\mathfrak{Z} \end{aligned}\right\} \qquad (119)$$

$$\left.\begin{aligned} v_2 &= 0{,}973\sqrt{H} & \Sigma_2 &= 2{,}159\,\mathfrak{Z} \\ v'_2 &= 0{,}794\sqrt{H} & \Sigma'_2 &= 2{,}183\,\mathfrak{Z}, \end{aligned}\right\} \qquad (120)$$

dove per $\mathfrak{Z}$ si intende posto il valore dato dalla (113).

Queste formole sono esatte per i valori di n, per cui sono calcolate; ma per valori di n, discosti dai tre limiti 0, 100, 200, i risultati ottenuti colle dette formole si scostano dai veri più

Digitized by Google

che gli analoghi ottenuti colle formole relative al caso precedente. Difatti, nel caso attuale è

$$v_0 - v_1 = 0{,}18\, v_1 \quad , \quad v'_0 - v'_1 = 0{,}18\, v'_1 \; ;$$
$$\Sigma_1 - \Sigma_0 = 0{,}152\, \Sigma_1 \quad , \quad \Sigma'_1 - \Sigma'_0 = 0{,}151\, \Sigma'_1$$

$$v_1 - v_2 = 0{,}11\, v_1 \quad , \quad v'_1 - v'_2 = 0{,}11\, v'_1 \; ;$$
$$\Sigma_2 - \Sigma_1 = 0{,}128\, \Sigma_1 \quad , \quad \Sigma'_2 - \Sigma'_1 = 0{,}128\, \Sigma'_1 \, .$$

Nondimeno, per valori di n, che sieno prossimi od intermedj a quelli per cui sono calcolate le formole, gli errori sono ancora ristretti entro tai limiti, per cui si possono ritenere trascurabili in pratica.

Per mostrare come le formole suddette si prestino convenientemente anche per valori di n compresi fra 0 e 50, fra 50 e 150, e fra 150 e 250, e per valori di $(T_f - \theta)$, alquanto diversi da 200°, ovvero da 300°, scelgo a calcolare un caso particolare.

Supponendo $P = 80$, $T_f - \theta = 285°$, $n = 72$ ed H, eguale successivamente a 10, 15, 20, 25, 30 metri, ho calcolato l'area della sezione di scarico colla formola di Peclet; quindi ho calcolato la stessa area colla prima delle formole (119), ed ho trovato l'errore che si commette assumendo questa invece della precedente. Ho inoltre calcolato la stessa area colla prima delle formole (115), che si riferisce al caso dei condotti a sezione variabile. In questo caso l'area della sezione del camino è sempre alquanto minore nel caso dei condotti a sezione costante, come risulta anche dal paragone delle formole ottenute nei due casi:

Rappresentando per ciò ordinatamente con Σ_1, Σ_2, Σ_3 le tre aree calcolate nei distinti casi, colla formola di Peclet, colla prima delle (119), e colla prima delle (115) si ha la seguente tabella:

Digitized by Google

	$H = 10^m$	$H = 15^m$	$H = 20^m$	$H = 25^m$	$H = 30^m$
Σ_1	$0^{mm},2450$	$0^{mm},2052$	$0^{mm},1815$	$0^{mm},1657$	$0^{mm},1537$
Σ_2	$0^{mm},2404$	$0^{mm},2012$	$0^{mm},1740$	$0^{mm},1557$	$0^{mm},1419$
$\frac{\Sigma_1 - \Sigma_2}{\Sigma_1}$	$0^{mm},0187$	$0^{mm},0196$	$0^{mm},0412$	$0^{mm},0603$	$0^{mm},0767$
Σ_3	$0^{mm},2113$	$0^{mm},1768$	$0^{mm},1530$	$0^{mm},1368$	$0^{mm},1247$
$\frac{\Sigma_2 - \Sigma_3}{\Sigma_2}$	$0^{mm},121$	$0^{mm},121$	$0^{mm},121$	$0^{mm},121$	$0^{mm},121$

dalla quale risulta: 1°. che gli errori $\frac{\Sigma_1 - \Sigma_2}{\Sigma_1}$ aumentano coll'altezza del camino, ma che all'altezza di 30^m, che si può ritenere come massima, sono ancora inferiori ad 8 centesimi, ossia se Σ_1 è un quadrato, Σ_2 è maggiore della media fra esso ed il circolo inscritto; 2.° che il rapporto $\frac{\Sigma_2 - \Sigma_3}{\Sigma_2}$ non varia, variando l'altezza del camino.

Trovata la sezione di scarico, si potrà facilmente, mediante la (81), ritenute le denominazioni (80), (82), determinare per punti il profilo longitudinale del condotto.

Avvertenza.

Occorrendo di calcolare le formole relative a criterj pratici, a chi non voglia risalirne all'origine teorica, si avverta che i *logaritmi* indicati in questa Memoria sono tutti *iperbolici*, e la lettera *e* ne rappresenta la base.

Il simbolo $\int_{\varepsilon}^{0}$ che riscontrasi nei §§. 2 e 4, capo I. art. II. equivale al simbolo $\int_{0}^{\varepsilon}$ più comunemente usato.

Al vol. XIV, pag. 248, lin. 16, invece di *sommario si riferisce ai diversi valori di* i, leggasi *sommatorio si riferisce ai diversi valori dispari di* i.

Digitized by Google

SOPRA ALCUNI PUNTI DELLA TEORIA DELLA FORZA MOTRICE DEL CALORE; DEL PROFESSORE GIO. CODAZZA.

1. Le ricerche dei fisici e dei geometri in questi ultimi tempi sono particolarmente rivolte a determinare la *relazione* che sussiste fra una *quantità di calore* applicata alla dilatazione dei corpi nelle diverse circostanze praticamente realizzabili, ed *il lavoro motore* che si può ottenerne. Queste indagini che hanno origine col sig. Carnot, si resero sempre più importanti dopo i lavori sperimentati dai signori Joule e Regnault. I risultati di queste esperienze, considerati in relazione alla teoria del calore, conducono alla necessità di modificare alcune delle idee fin qui ricevute. In relazione poi alle applicazioni, si deducono da essi massime generali dalle quali devono dipendere gli ulteriori perfezionamenti delle macchine in cui la forza motrice è somministrata dal calore. Epperò queste ricerche interessano non solo i dotti ma altresì gli industriali che sanno apprezzare il vantaggio che gli studj teorici arrecano alle applicazioni.

Cenni storici.

2. S. Carnot pubblicò nel 1824 le sue *Réflexions sur la puissance motrice du feu:* opera alla quale non si fece sulle prime molta attenzione, ma che servì di punto di partenza a parecchi lavori più recenti. Egli ammetteva il principio che *il lavoro motore* che si ottiene da una *macchina calorica* (macchine à feu) è dovuto al passaggio del calore da un corpo caldo (*sorgente*) ad un corpo freddo (*condensatore*) che lo raccoglie.

Prima di Carnot si ammetteva che le quantità di calore emesse od assorbite da uno stesso fluido elastico non dipendevano che dalle condizioni iniziali e finali di temperatura e di pressione. Il sig. Clapeyron in una Memoria *sur la puissance motrice de la chaleur. Jour. Polyt.* 1834, sviluppò col calcolo l'ipotesi di Carnot e dimostrò che le quantità di calore gua-

Digitized by Google

dagnate o perdute da un fluido elastico per un medesimo stato iniziale e finale, dipendono anche dagli stati intermedj per cui lo si è fatto passare.

Però nella teoria di Carnot il lavoro meccanico è prodotto unicamente dal passaggio del calore dalla sorgente al refrigerante, senza alcuna perdita o creazione di calore. Le sue dimostrazioni sono fondate sul principio *de l'absurdité qu'il y aurait à admettre la possibilité de créer de toutes piéces de la force motrice ou de la chaleur.* Esso è inerente all'ipotesi della esistenza materiale del calore.

3. Ma le ultime scoperte sul calorico raggiante, e soprattutto quelle dello spettro calorifico, della polarizzazione e della doppia rifrazione dei raggi di calore, hanno offerto un grande appoggio alla verisimiglianza della teoria dinamica che riguarda i fenomeni calorifici, non altrimenti che i luminosi, dovuti alla propagazione di moti vibratorii fra le particelle dei corpi ponderabili per l'intervento dell'etere. — Però se i fenomeni del calorico raggiante trovano facile spiegazione nell'ipotesi delle ondulazioni calorifiche, quelli invece della propagazione del calorico attraverso i corpi non hanno ancora potuto essere collegati a questa teoria. Frattanto i fisici che non si accontentano di enunciare vagamente una teoria sono ricorsi all'esperienza.

4. Sono note le esperienze di Rumford sul calore che si svolge dai corpi che si sfregano, e l'esperienza di Davy per la quale si produce la fusione di due pezzi di ghiaccio sfregandoli l'uno contro l'altro.

Si è cercato di collegare questi fatti all'ipotesi della materialità del calorico mediante la supposizione che la quantità totale di calore che possiede una particella di un corpo solido ad una certa temperatura aumenti colla profondità della particella al disotto della superficie del corpo, in guisa che il calore assoluto di una particella solida conterrebbe due termini, uno variabile colla sola temperatura, l'altro col luogo della particella nel corpo di cui fa parte. Per tal guisa, nella rottura di un corpo, le particelle prossime alla superficie di separazione perderebbero una certa quantità di calorico che andrà aumentando col numero e la tenuità delle parti in cui il corpo sarà diviso. Questa supposizione però è sempre insufficiente a spiegare i fenomeni di calorico raggiante.

Digitized by Google

5. La verosimiglianza poi della teoria termodinamica, prese nuovo fondamento dalle esperienze e dalle indagini teoriche di Majer, Joule, Regnault, i fratelli Thompson, Clausio, Rakine, ed altri.

In questa teoria, durante il trasporto del calore da un corpo caldo ad un corpo freddo per ottenere una certa quantità di lavoro motore, una porzione di calore è annullata nel passaggio attraverso la macchina, ed *il lavoro motore prodotto è in ogni caso proporzionale alla quantità di calore perduta*. Sta in ciò la vera differenza fra la teoria dinamica e la teoria di Carnot. Questa rovescia il postulato su cui quella poggia le sue dimostrazioni.

6. L'idea che ogni lavoro meccanico dovuto al calore corrisponda ad un consumo effettivo di esso, e che ogni lavoro prodotto da un agente meccanico possa servire a creare calore, fu annunciata la prima volta in un modo preciso da Mayer nel 1842. Le sue esperienze dimostrano che l'acqua soffre una elevazione di temperatura sensibile quando venga agitata fortemente, e che nel medesimo tempo si dilata, per cui il suo aumento di temperatura non può essere attribuito ad una compressione. Mayer denomina *equivalente meccanico del calore* il peso in chilogrammi che abbassato di un metro produrrebbe una quantità di calore necessaria a scaldare un chilogrammo d'acqua da 0° ad un grado centigrado.

7. Parecchi sono i metodi per cui si può col dispendio di lavoro meccanico, generare calore, due soli i conosciuti, per cui dal calore si può ottenere lavoro meccanico. Uno di essi è fondato sul cambiamento di volume dei corpi, l'altro sull'uso intermedio dell'elettricità.

Sono note le esperienze del signor Regnault tendenti a risolvere teoricamente il problema sulla quantità di lavoro che si può ottenere da una data quantità di calore applicata alla dilatazione dei fluidi elastici.

Il signor Joule cominciò nel 1843 una prima serie di esperienze *sugli effetti caloriferi delle correnti magneto-elettriche e sull'equivalente meccanico del calore*. Philos. Mag. 2.ª serie t. XXIII. In queste ricerche egli estende alle correnti magneto-elettriche la legge da lui dimostrata per le correnti vol-

Digitized by Google

taiche, chè, cioè, quando esse producono soli effetti termici, *la quantità di calore che si sviluppa è proporzionale al quadrato della intensità della corrente*. Con questa legge misura egli la quantità di calore che sviluppa una *corrente di induzione* generata in un conduttore mobile che fa parte di un circuito chiuso, e che si muove in vicinanza di una calamita. Determina per ultimo quale sia il lavoro meccanico necessario a produrre il movimento a cui è dovuta la corrente di induzione che genera il calore.

Nel 1845 fece il sig. Joule una nuova serie di esperienze *sui cambiamenti di temperatura prodotti dalla condensazione e rarefazione dell'aria* Philos. Mag. 3.e Séries T. XXVI.

Il principio teorico di queste esperienze, variate in diverse guise, è di misurare il lavoro necessario alla compressione di un gaz e la quantità di lavoro che questa compressione sviluppa. Il modo ammirabile di ragionare dell'illustre fisico nel dirigere le sue esperienze ed i metodi delicati che usa per tener conto di tutto l'effetto meccanico che può prodursi esternamente, o perdersi internamente in attrito di fluido, hanno introdotto un metodo nuovo di trattare le questioni relative alle proprietà fisiche dei fluidi.

Una terza serie di esperienze fu eseguita dallo stesso sig. Joule nel 1849 *sul calore sviluppato per attrito. Transactions philos.* 1850. Egli esperimentò in diverse guise sull'acqua, sul mercurio e sulla ghisa, e dimostrò che il *lavoro meccanico consumato a produrre una unità di calore è costante, qualunque siano i corpi sottoposti allo sperimento*.

8. Tra le esperienze del signor Joule, raccolte nella sua Memoria precedente, se ne riscontrano due rimarchevoli, analoghe ad altre descritte dal sig. Regnault nelle sue *Recherches sur les chaleurs spécifiques des fluides élastiques*. Comptes rendus, Avril 1853.

Il principio teorico di queste esperienze si riduce al seguente: *a*) si lascia che un gaz sotto una forte pressione (22 atmosfere) duplichi il suo volume, mettendo in comunicazione il vaso che lo contiene con un altro vaso perfettamente vuoto, in guisa che in questa dilatazione non vi sia alcun lavoro prodotto; *b*) si fa che un gaz sotto la stessa pressione e

Digitized by Google

lo stesso volume iniziale duplichi questo volume esercitando a tal uopo un lavoro per duplicare la capacità del vaso, come sarebbe fluendo in un gazometro, o sotto una campana piena d'acqua.

Nei due esperimenti gli stati iniziali e finali del gaz sono i medesimi, e però, secondo la teoria fin qui ammessa, l'assorbimento di calore doveva essere il medesimo; invece si constata che nel primo esperimento non vi è assorbimento di calore, e che nel secondo vi è un raffreddamento sensibile.

Il risultato di queste esperienze si formola nella legge *che la dilatazione di un gaz non assorbe calore che in quanto essa è accompagnata dalla produzione di lavoro meccanico.*

9. I risultati e le leggi sperimentali fin qui scorse diedero origine ad alcuni lavori analitici, tra i quali i più rimarchevoli sono quello di Clausio, *sulla forza motrice del calore;* Poggendorf's Annalen, vol. LXXIX, e quelli di W. Thompson, *rapporto sulla teoria di Carnot;* Transazioni della società reale d'Edimburgo, vol. XVI, *sulla teoria dinamica del calore,* ibid. volume XX; tradotta nel giornale di Liouville, giugno 1852. Il sig. Rankine diede una sua *teoria meccanica del calore*, Philos. Magaz. 1851, la quale è fondata sopra certi principj ipotetici ammessi da lui, che aspettano conferma o condanna da fatti e studj ulteriori.

Principj.

10. Degli effetti del calore considerato come causa di forza motrice, alcuni si verificano nelle variazioni delle condizioni fisiche e dinamiche degli organi della macchina, altri nel vincere le azioni di forze esterne.

11. Le variazioni fisiche che si considerano possibili negli organi della macchina sono quelle di volume e di temperatura. Gli effetti del calore nel produrre queste variazioni si riducono a far variare l'intensità dei movimenti termici interni, ed a modificare le distanze e la distribuzione delle molecole. Questa dichiarazione suppone la teoria dinamica del calore, ma nessuna ipotesi sulla natura dei movimenti termici e sul modo con cui possono prodursi o comunicarsi.

Dalla intensità (*forza viva*) dei movimenti termici dipen-

Digitized by Google

de quello stato che dicesi temperatura del corpo; alle variazioni nelle distanze e nella distribuzione delle particelle corrispondono le *variazioni di volume*. Misurando la causa dall'effetto, noi supporremo fondata la misura di ciò che si dirà *quantità di calore* sulla determinazione del peso di una sostanza data come tipo, che potrebbe essere elevata da questo calore, o da ogni altra quantità eguale, da una temperatura data ad un'altra, e si diranno eguali due quantità di calore che potranno far subire variazioni eguali di temperatura a due pesi eguali di una stessa sostanza nelle stesse circostanze fisiche.

12. Gli effetti del calore opposti alle azioni di forze esterne agli organi della macchina, costituiscono ciò che si dice *l'effetto meccanico od il lavoro esterno di esso*.

13. Perchè si possa considerare un effetto meccanico come prodotto da cause puramente termiche, è mestieri che gli oggetti materiali messi in opera si trovino alla fine dell'operazione precisamente nelle stesse circostanze fisiche e meccaniche in cui erano in origine. Questo principio, introdotto la prima volta da Carnot, riesce evidente quando si avverta che ogni alterazione nello stato fisico o meccanico di un corpo, è accompagnato da produzione o consumo di lavoro dovuto a forze esterne od interne al corpo, e che allora solo si potrà ammettere che vi sia compenso in questi lavori (indipendenti dalle azioni termiche) sviluppati o consumati durante l'esercizio della macchina, quando essa funzioni a perfetta reciprocità in guisa che nel seguito di operazioni inverse tutte le azioni fisiche e dinamiche operanti ne' suoi diversi organi si presentino esattamente in uno stato inverso.

14. Si conoscono alcune macchine termodinamiche in cui la produzione del lavoro mediante il calore, si ottiene per l'uso intermediario dell'elettricità, le quali soddisfano a questa legge di reciprocità. Essa però può verificarsi (almeno teoricamente) anche nelle macchine in cui la produzione del lavoro è dovuta alla variazione di volume.

15. Le esperienze del signor Joule, di una evidenza e di un rigore incontestabile conducono ad ammettere le seguenti proposizioni:

a) Tutte le volte che un'azione puramente meccanica è

Digitized by Google

destinata a produrre solamente calore senza altro effetto, la stessa quantità di lavoro produce sempre la stessa quantità di calore, sia che esso sia l'effetto di un attrito o di una compressione dei corpi, o di una azione magneto-induttrice di una corrente galvanica.

b) Se una corrente di qualsiasi origine è applicata a far muovere una macchina, essa produce in questa macchina una quantità di calore minore di quello che la stessa corrente produrrebbe in un filo fisso che presenti ad essa la stessa resistenza. La differenza fra le due quantità di calore così sviluppate è equivalente all'effetto meccanico prodotto dalla macchina.

Queste proposizioni si riassumono nel

Principio I. *Se un lavoro meccanico è prodotto da cause puramente termiche, si consuma una quantità di calore proporzionale al lavoro prodotto, e reciprocamente questa quantità di calore può essere riprodotta per mezzo di un lavoro meccanico eguale al precedente.*

16. A questo principio i signori Clausio e W. Thomson ne aggiungono un altro dedotto dalla teoria di Carnot. Prima di annunciarlo giova premettere le seguenti considerazioni:

Quando si produce lavoro per l'intermediario delle variazioni di volume di una sostanza che trasporta calore da un corpo caldo (*sorgente di calore*) ad un corpo freddo (*refrigerante*), è evidente che *vi sarà diminuzione di lavoro prodotto tutte le volte che sarà contatto fra corpi a temperature diverse;* perchè in questo caso vi è trasmissione di calore senza produzione di lavoro.

Discende da ciò che il *massimo lavoro* che in tal circostanza si possa produrre trasportando una *data quantità di calore* da un corpo *ad una temperatura data*, ad un altro *ad una temperatura inferiore pure data*, servendosi di una *sostanza data* come agente intermediario, che effettua il trasporto, avverrà quando fra le sostanze che vengono a contatto, non vi sia differenza finita di temperatura. Ecco il seguito delle operazioni *teoriche* indicate da Carnot per ottenere questa condizione, data da lui come il criterio della perfezione delle macchine caloriche.

17. Sia S la sostanza che trasporta il calore dalla sorgente A mantenuta a t^0, al refrigerante B mantenuto a $(t-\delta)^0$ 1)

Digitized by Google

Si ponga un volume v di S. in contatto con A, e si permetta ad S di dilatarsi in circostanze tali che non disperda calore e non ne riceva che da A, in guisa che il volume si riduca a $v + u$, e rimanga costante la temperatura. 2) Si faccia in guisa che S non riceva più calore da A, nè da altri corpi, e si permetta ad S, di dilatarsi per espansione propria finchè il volume si riduca a $v + u + w$ e la temperatura a $(t - \theta)$.° 3). Si porti B a contatto di S, e si comprima il gaz di un volume u. Con ciò S cedendo calore a B si conserverà alla temperatura $(t - \theta)$. 4). Sia u tale che, sottratto S al contatto di B, e facendo in guisa che nè riceva, nè disperda calore, e continuando a comprimere il gaz finchè il suo volume ritorni a v, la sua temperatura sia ritornata t. Questo seguito di operazioni costituisce ciò che W. Thompson denomina un ciclo completo. Al termine di esso la sostanza S è ritornata al suo stato iniziale dopo aver ceduto a B, nella terza operazione, parte del calore ricevuto da A nella prima, e non vi furono contatti a temperature diverse.

18. In questo seguito di operazioni teoriche la sostanza S funziona come una macchina termodinamica che soddisfa alla condizione di perfetta reversibilità (n.° 13), e che operi nelle stesse condizioni di temperatura della sorgente e del refrigerante; sussiste cioè il seguente:

Principio II. *Se il trasporto del calore che dà origine alla produzione di lavoro meccanico è effettuato in guisa che dopo l'esperimento l'agente che trasporta il calore sia ritornato nello stato iniziale, e se inoltre non vi sia mai stata differenza finita di temperatura fra i corpi messi a contatto, il rapporto fra la quantità di lavoro prodotto e la quantità di calore ceduta dalla sorgente è (per i medesimi limiti di temperatura della sorgente e del refrigerante) indipendente dalla natura e dal modo di agire del veicolo del calore.*

19. La dimostrazione che diede Carnot in questo principio è fondata pure sulla supposizione dell'esistenza materiale del calore e della conseguente sua indistruttibilità.

Clausio e W. Thompson dimostrano lo stesso principio indipendentemente dalla supposizione di Carnot, la quale è in opposizione alla legge sperimentale di Joule. Essi fanno discendere le loro dimostrazioni da due diverse premesse che si pos-

Digitized by Google

sono in ultima analisi ridurre ad una medesima. Per ben comprenderne l'evidenza giova avvertire che se si ha un corpo freddo in comunicazione con un corpo caldo per l'intermediario di una sostanza adoperata come veicolo del calore, si potrà col consumo di una conveniente quantità di lavoro meccanico produrre tali modificazioni nello stato molecolare del corpo freddo da elevare la sua temperatura, e renderlo atto a cedere calore al corpo che prima era più caldo di lui. È però evidente che *non si può senza dispendio di lavoro far passare calore da un corpo in un altro che sia attualmente a temperatura più elevata del primo*.

20. Da questo postulato evidente, discende la dimostrazione del Principio II.

Difatti siano S ed S' due agenti intermediarj che funzionano nelle condizioni del Princ. II.°, fra i medesimi limiti di temperatura della sorgente e del refrigerante, e si supponga che in queste circostanze sviluppano (se è possibile) quantità L ed L' diverse di lavoro mediante la stessa quantità Q di calore ceduta dalla sorgente, e propriamente si supponga L' maggiore di L. Per il principio di reciprocità, a cui soddisfanno le due macchine, sviluppando o consumando lavoro per cause puramente termiche (n.° 13, 17), si può supporre che quando ha agito la sostanza S' a produrre il lavoro L', mediante la quantità Q di calore ceduta dalla sorgente, si faccia funzionare S in senso inverso per restituire alla sorgente una quantità di calore eguale a Q. Vi sarà in questa operazione inversa un consumo di lavoro eguale al lavoro che avrebbe prodotto nell'andamento diretto mediante la stessa quantità Q di calore, ossia vi sarà un consumo di lavoro eguale ad L.

Se si denominano q, q' le quantità di calore che hanno per equivalenti meccanici L ed L', il refrigerante riceve nella prima operazione $Q-q'$ (Princ. I.°), e perde nella seconda $Q-q$; ma poichè $L' > L$, anche $q' > q$ (Princ. I.°), e però alla fine delle due operazioni vi sarebbe stata la produzione $L' - L$ di lavoro invece di un consumo, e si sarebbe fatto passare una quantità $q' - q$ di calore dal refrigerante alla sorgente, ciò che è assurdo per il postulato premesso.

Se invece $L = L'$ anche $q = q'$, ed allora dopo l'operazio-

Digitized by Google

ne inversa, per cui si è restituita alla sorgente la stessa quantità di calore ceduta da essa nell'operazione diretta, tanto la sorgente che il refrigerante sono ritornati allo stato iniziale.

Conseguenze.

21. Dalle cose dette risulta manifesto che si possono discutere teoricamente gli effetti dinamici del calore, ammettendo solo

1) i dati delle esperienze, alle quali si appoggia il (Princ. I.°) ·

2) il postulato (n.° 19) dal quale dipende la dimostrazione del (Princ. II.°)

22. Il Principio I.° trae seco la necessità di modificare le idee comunemente ricevute sul calorico contenuto nei corpi.

Difatti quando si avverta che i movimenti delle particelle di un corpo corrispondenti alle variazioni delle distanze fra le loro posizioni di equilibrio ed i movimenti termici di esse particelle intorno a queste posizioni di equilibrio, possono coesistere indipendenti fra loro, si comprende che non è permesso il supporre, come nell'ipotesi della materialità del calorico, che una stessa funzione del volume e della temperatura possa rappresentare la quantità di calore che bisogna comunicare ad una massa data per farla passare da uno stato ad un altro. Converrà quindi rappresentare con due funzioni distinte $Q\ (v,t)$, $q\ (v,t)$, le quantità di calore che possono far variare il volume dell'unità di massa di un corpo da v_0 a v, e la temperatura del volume v di questa unità di massa da t_0 a t. Saranno perciò q'_t e Q'_v quelle quantità che si denominano *calore specifico sotto volume costante, e calore latente di dilatazione*. Rappresenteremo per semplicità queste quantità ordinariamente colle lettere c ed l.

23. I movimenti termici corrispondenti alle variazioni di temperatura possono trasmettersi alle particelle di corpi estranei alla sostanza destinata a sviluppare lavoro; ma quando non sono accompagnate da variazioni di volume di questa sostanza, non producono lavoro esterno (n. 12), ossia effetto meccanico utile nel significato in cui si impiega il calore come forza motrice.

Digitized by Google

Il lavoro motore consumato nei movimenti termici che producono variazioni di temperatura è una perdita per il lavoro di dilatazione.

24. Quando le variazioni di volume avvengono in circostanze, per cui si debbano superare le resistenze di ostacoli esterni, allora porzione della forza viva corrispondente ai movimenti termici, da cui dipende la temperatura, si converte in lavoro contro questi ostacoli. È questa una conseguenza delle leggi generali della meccanica razionale. Viene da ciò che la *temperatura della sostanza di cui si utilizza il lavoro di dilatazione è un altro degli elementi di questo lavoro.*

25. Adoperando i solidi a produrre lavoro mediante il consumo di calore, si possono vincere resistenze molto grandi, ma indipendentemente da organi meccanici intermedj, non si possono imprimere ad esse che piccole velocità, perchè attesa l'energia delle forze molecolari è debole la loro dilatabilità, ed una gran parte della forza motrice del calore è consumata nell'elevare la loro temperatura.

I vapori sono più atti dei solidi ed anche dei liquidi a servire nelle macchine per trasformare il calore in forza motrice. L'equivalente meccanico del calore consumato in dilatazione si compone di due parti, di cui una deve vincere il lavoro resistente sviluppato nell'allontanamento delle molecole, l'altra entra a produrre il lavoro esterno. La prima parte è quella che Clausio denomina il *lavoro interno* di dilatazione. Per la particolare costituzione dei vapori, questo lavoro interno, a circostanze eguali di peso e di variazione di volume, è estremamente più piccolo che nei solidi e liquidi, e però del calore applicato ad essi una più gran parte viene consumata in lavoro esterno. Offrono però i vapori l'inconveniente che il lavoro corrispondente al calorico latente consumato nel far passare il liquido in vapore, è perduto per il lavoro della macchina. Questo *calorico latente di cambiamento di stato fisico non ha influenza nell'espansione dei vapori;* perchè un peso dato di vapore, qualunque sia la sua tensione, rinchiude una quantità di calore latente che è costante per una stessa specie di vapore.

La costituzione particolare poi de'vapori o dei gaz, permette loro di convertire naturalmente il lavoro corrispondente

Digitized by Google

ai movimenti termici, da cui dipende la temperatura, in lavoro di dilatazione; essi tendono ad espandersi abbassando la loro temperatura. È questo un fatto sperimentale, comunque non si conosca il modo con cui avviene questa conversione.

I gaz avendo le altre proprietà comuni coi vapori, e non assorbendo calorico latente di cambiamento di stato, sono teoricamente i più proprj a convertire la più gran parte di calore in forza motrice.

26. Nello stato attuale della scienza è impossibile valutare il lavoro interno di dilatazione, ma si può dispensarsi dal tenerne conto, supponendo, come fece Carnot, il corpo soggetto a modificazioni successive tali, che per un seguito di operazioni esattamente reciproche ritorni al suo stato iniziale. Che in queste circostanze vi sia compenso fra i lavori prodotti e consumati dalle forze molecolari è facile persuadersi, quando si avverta che le forze che bisogna superare per far variare le distanze fra le molecole di un corpo, sono funzioni di esse distanze.

Perciò *quando una sostanza funzioni in una macchina mediante la forza motrice del calore, passando per una serie di stati successivi in guisa da soddisfare alle condizioni di reciprocità e ritornare al suo stato iniziale, la somma algebrica di tutti i lavori corrispondenti alle diverse quantità di calorico assorbite od emesse da essa, rappresenterà il lavoro esterno che essa produce.*

27. La rappresentazione analitica dei due principj premessi conduce a due equazioni fondamentali nella teoria dinamica del calore.

Per l'osservazione fatta al n. 22, qualunque sia la serie delle operazioni, per cui una unità di massa di una data sostanza si fa passare dal volume v e temperatura t, al volume $v + u$, e temperatura $t - \theta$, per indi ricondurla allo stato iniziale per una serie di operazioni reciproche, si può sempre considerare la quantità di calorico assorbita nell'andamento diretto, e quella emessa nell'andamento reciproco come composta ciascuna di due termini, di cui uno rappresenti la quantità di calore necessaria a far variare il volume, restando costante la temperatura, e l'altro a far variare la temperatura del volume già variato.

Digitized by Google

Posto ciò, si può considerare la quantità di calore assorbita nell'andamento diretto, eguale a quella che può portare l'unità di massa della sostanza data dal volume v a $v + u$, restando costante t, meno quella che emette il volume $v + u$ che si abbassa da t a $t - \theta$. La quantità poi di calore emessa dalla stessa unità di massa nell'andamento reciproco, è eguale a quella che corrisponde all'abbassamento di volume da $v + u$ a v, restando costante la temperatura $t - \theta$, meno quella assorbita nel passaggio del volume v da $t - \theta$ a t.

Perciò conservando le denominazioni del n. 22, saranno queste due quantità di calore rappresentate dalle espressioni:

$$ul\,(t) - \theta c\,(v + u) + \text{ec.}$$

$$-\theta c\,(v) + ul\,(t - \theta) + \text{ec.}$$

e la loro differenza, ossia il calore consumato, sarà espressa da

$$u\theta \left(\begin{matrix} l' \\ t \end{matrix} - \begin{matrix} c' \\ v \end{matrix}\right) + \text{ec.};$$

i termini omessi contengono u e θ a più di due dimensioni.

Avvertendo che alle variazioni di temperatura scompagnate da variazione di volume non corrisponde nè produzione, nè consumo di lavoro (n.° 23) e rappresentando con $\mathrm{L}\,(v, t)$ il lavoro sviluppato nella variazione da v_0, t_0 a v, t sarà:

$$\underset{v}{u\mathrm{L}'} + \text{ec.}$$

quello sviluppo nella variazione da v a $v + u$ quando la temperatura è t, ed

$$\underset{v}{u\mathrm{L}'} - \underset{v,t}{u\theta\mathrm{L}''} + \text{ec.}$$

il lavoro consumato nel passaggio della sostanza da $v + u$ a v, quando la temperatura è $t - \theta$. E però ricordando che se si rappresenta con p, la pressione è $\mathrm{L} = \int p dv$ sarà

$$\underset{t}{u\theta p'} + \text{ec.}$$

Digitized by Google

il residuo lavoro prodotto. I termini omessi contengono u, θ a più di due dimensioni.

Denominando E l'equivalente meccanico dell'unità di calore, sarà per il princ. I.

$$u\theta E \left(\underset{t}{l'} - \underset{v}{c'}\right) + \text{ec.} = u\theta \underset{t}{p'} + \text{ec.}$$

la quale dovendo sussistere qualunque siano u, θ ci dà

$$E \left(\underset{t}{l'} - \underset{v}{c'}\right) = \underset{t}{p'} \qquad \text{I}$$

28. Se $\phi\ (v,t)$ sia la funzione che rappresenta il calor totale nell'ipotesi della materialità del calore, sarebbe

$$l = \underset{v}{\phi'} \quad , \quad c = \underset{t}{\phi'}$$

e quindi

$$\underset{t}{l'} - \underset{v}{c'} = o. \qquad \text{I}_1$$

Le I e I_1 rappresentano la differenza caratteristica fra la teoria di Carnot e la teoria dinamica.

29. Per applicare il principio II si consideri il ciclo di operazioni n.° 17, e si cominci a determinare la quantità di lavoro prodotto durante questo ciclo. Esso è la differenza fra il lavoro sviluppato nelle prime due operazioni ed il lavoro consumato nelle ultime due. Se si assumono le indeterminate u, θ piccolissime, e si avverte al loro significato in relazione alle operazioni che si eseguiscono in detto ciclo, è manifesto che si può trascurare il lavoro dovuto alla differenza $u_1 - u$ delle variazioni di volume del gaz nella prima e terza operazione.

Per ciò rappresentando ancora con L (v,t), il lavoro sviluppato dall'unità di massa della sostanza che si considera, la quale varia da v_0, t_0 a v_1, t_1 sarà

$$u \underset{v}{L'} + \text{ec.}$$

il lavoro prodotto nella prima operazione, e cambiando in que-

Digitized by Google

sta espressione la v in $v + w$ e la t in $t - \theta$, si avrà il lavoro consumato nella terza operazione.

Rappresentando ora con $t - j\theta$, $t - i\theta$, le temperature medie durante la seconda e quarta operazione, sarà

$$\mathrm{L}(v + w, t - i\theta)$$

il lavoro consumato nella quarta operazione, e cambiando nel risultato la v in $v + u$ e la i in j, si avrà il lavoro sviluppato nella seconda. In queste operazioni è la quantità di calore corrispondente alla variazione di temperatura che si converte in lavoro di dilatazione. Fatte le operazioni, si ha il residuo lavoro prodotto rappresentato da

$$u\theta \underset{v,t}{\mathrm{L}''} + \text{ec.} = u\theta \underset{t}{p'} + \text{ec.}$$

I termini omessi non contengono u, ovvero contengono potenze di u superiori alla prima.

D' altronde, essendo

$$ul + \text{ec.}$$

la quantità di calore ceduta alla sostanza nella prima operazione, per il principio II il rapporto

$$\frac{u\theta \underset{t}{p'} + \text{ec.}}{ul + \text{ec.}}$$

avrà lo stesso valore per tutte le sostanze, ossia sarà funzione della sola temperatura. Rappresentando per un momento con H, questa funzione sarà

$$u\theta \underset{t}{p'} + \text{ec.} = \mathrm{H}\,(ul + \text{ec.})$$

la quale dovendo sussistere qualunque sia u dà

$$\theta \underset{t}{p'} = \mathrm{H}l$$

e poichè θ è una indeterminata che non entra che come fat-

Digitized by Google

tore, così anche H dovrà esser necessariamente della forma $\theta\mu$ in cui μ dipende solo dalla temperatura, e quindi finalmente

$$\frac{p'_t}{\mu} = l \qquad \text{II}$$

Questo teorema essendo stato enunciato la prima volta da Carnot, la μ dicesi la funzione di Carnot. La (I) era stata data altrimenti da Clausio e da Thompson.

30. Denominando Q la quantità di calore che assorbe un corpo che si dilata da v_0 a v_1 conservando costante la temperatura t, sarà per le denominazioni (n°. 22) e per la II

$$Q = \int_{v_0}^{v_1} l\,dv = \frac{1}{\mu}\left(\int_{v_0}^{v_1} p\,dv\right)'_t$$

da cui

$$Q = \frac{1}{\mu} L'_t \qquad \text{III}$$

equazione che stabilisce senza il soccorso di alcuna ipotesi il rapporto che esiste fra il calore sviluppato nella compressione di una sostanza ed il lavoro necessario per operare questa compressione, ovvero fra il calore assorbito nell'espansione ed il lavoro prodotto da essa. Questa relazione è dovuta al signor Thompson.

31. Pei gaz, denominando α il coefficiente di dilatazione, e rappresentando con p_0 v_0 la pressione ed il volume alla temperatura zero, è

$$p = \frac{p_0 v_0}{v}(1 + \alpha t)$$

da cui

$$L = p_0 v_0 (1 + \alpha t) \log. \frac{v}{v_0}$$

$$L'_t = \alpha p_0 v_0 \log. \frac{v}{v_0} = \frac{\alpha L}{1 + \alpha t}$$

Digitized by Google

e per la III.

$$Q = \frac{\alpha L}{\mu (1 + \alpha t)} \qquad (a)$$

ma per il principio I

$$\frac{L}{Q} = E$$

quindi

$$E = \frac{\mu (1 + \alpha t)}{\alpha} \qquad IV$$

32. Si consideri un mezzo composto di liquido e del suo vapore, e siano $1 - x$ il peso del liquido ed x il peso del vapore; u ed U i volumi dell'unità di peso del liquido e del vapore; v, t volume e temperatura del mezzo; λ il calore latente di cambiamento di stato dell'unità di peso del vapore: sarà

$$u(1 - x) + U x = v$$

$$Q = \lambda x$$

$$l = \underset{v}{Q'} = \lambda \underset{v}{x'};$$

ma la prima di queste dà

$$\underset{v}{x'} = \frac{1}{U - u}$$

quindi

$$l = \frac{\lambda}{U - u}$$

e per la II

$$\mu = \frac{U - u}{\lambda} \underset{t}{p'} \qquad V$$

33. Dovendo per i medesimi valori di t essere μ la stessa per tutte le sostanze, dovrebbero i valori dedotti dalle (IV, V) condurre ai medesimi risultati numerici.

Digitized by Google

La (*a*) ci dice che il calore sviluppato da un fluido che soddisfa alle leggi di Mariotte e Gay-Lussac è proporzionale al lavoro consumato nell' operarne la compressione a temperatura costante.

Ma la quantità di lavoro necessaria per produrre l' unità di calore non è la stessa a tutte le temperature, ed E è funzione di t data dalla (IV).

Perchè la quantità di lavoro prodotto sia il semplice equivalente meccanico del lavoro dispensato, come lo ha supposto Mayer senza ragione plausibile, ossia perchè E sia costante, deve essere μ reciprocamente proporzionale ad $1 + \alpha t$.

Il sig. Thompson nel suo rapporto sulla teoria di Carnot (*Transact. of the Royal Society of Edimbourgh*, t. XVI. *Annales de chimie et physique*, t. XXXV) aveva già data la formola (IV).

L' espressione

$$\mu = E \frac{\alpha}{1 + \alpha t} \qquad \text{VI}$$

venne adottata da Clausio, da Joule e da Rankine. Thompson avendo nel rapporto succitato calcolato il valore di μ colla (V) mediante le osservazioni di Regnault sul vapore acqueo, diede una tavola di valori di μ, a diverse temperature di 10° in 10°, la quale è ben lungi dal verificare la formola (VI). Ma in queste esperienze e nello stato attuale della scienza domina ancora qualche incertezza sulla densità del vapore saturo.

Perciò il sig. Thompson nella Memoria *sopra un metodo di determinare coll' esperienza la relazione che esiste fra il lavoro dispensato ed il calore prodotto nella compressione di un gaz; Philos. Magaz.*, Maggio 1845), osservando che le esperienze importantissime di Joule sugli effetti meccanici prodotti durante la compressione o dilatazione dell' aria in diverse circostanze e nell' estensione da 50° a 60° Far. sono verificazioni dell' ipotesi di Mayer, fondate su due metodi distinti, ambedue perfetti in principio, addita un nuovo metodo di investigazione per assoggettare l' ipotesi di Mayer ad una prova molto delicata, ed esperimentando ad una temperatura qualunque.

Finchè queste esperienze, ed altre del sig. Regnault non

Digitized by Google

abbiano pronunciato sulla forma della funzione μ, noi non seguiremo il sig. Clausio nelle deduzioni analitiche che egli fa dipendere dalla (VI).

34. Indipendentemente dal conoscere la forma della funzione μ si possono ottenere deduzioni importanti sulla quantità di lavoro che può produrre una quantità H di calore in una macchina perfetta (*a ciclo completo*) alimentata da una sorgente di calore a temperatura qualunque T_1 e versante la quantità R di calore non utilizzato in un refrigerante a temperatura qualunque t_1 più bassa della prima.

Difatti andando decrescendo la temperatura dalla sorgente al refrigerante, si consideri la porzione di sostanza, che trasportando il calore sviluppa il lavoro, chiuso fra due superficie a temperature costanti $t + \theta$ e t.

Se q è la quantità di calore che questa porzione di sostanza emette dalla superficie a t^0, sarà $q\,(t + \theta)$ quella che riceve dalla superficie a $(t + \theta)^0$, e però

$$\theta \underset{t}{q'} + \text{ec.}$$

sarà la quantità di calore consumata ed

$$E\left(\theta \underset{t}{q'} + \text{ec.}\right)$$

il lavoro prodotto. Quindi per il principio II, e per ciò che si è detto al n.° 29, sarà

$$E\,\frac{\left(\theta \underset{t}{q'} + \text{ec.}\right)}{q\,(t + \theta)} = \mu\theta,$$

la quale, dovendo sussistere qualunque sia θ, dà

$$E \underset{t}{q'} = \mu q\,.$$

Integrando questa fra i limiti di temperatura e di quantità di calore fra i quali opera la macchina, si ha

$$\log.\,\frac{H}{R} = \frac{1}{E}\int_{t_1}^{T_1} \mu\,dt$$

Digitized by Google

da cui

$$R = He^{-\frac{1}{E}\int_{t_1}^{T_1} \mu dt}$$

e ponendo

$$\frac{1}{E}\int_{t_1}^{T_1} \mu dt = m$$

e denominando L la totalità del lavoro prodotto, sarà

$$L = E(H - R) = E\,H\left(1 - e^{-m}\right).$$

Questa equazione mostra che *l'effetto utile di una quantità data di calore dispensata dalla sorgente ad una macchina perfetta che funziona fra limiti dati di temperatura, aumenta aumentando l'estensione dei limiti della temperatura;* ma che questo aumento non è indefinito, come risulterebbe dalla teoria di Carnot, perchè L converge verso il limite E H. Anche questo teorema è dovuto al sig. Thompson.

35. Ad un dato effetto meccanico prodotto da cause termiche, corrisponde sempre (Princ. I.), qualunque sia il modo con cui lo si ottiene, la stessa quantità di calore consumato. Perciò il problema dell'economia di calore nelle macchine in cui esso è impiegato come forza motrice, non può avere di mira che la diminuzione delle perdite di calore non consumato in produzione di lavoro.

Risulta dal teorema precedente, che per convertire una maggior parte di calore in lavoro meccanico, bisogna disporre le cose in guisa che il veicolo del calore che sviluppa questo lavoro ceda la minor parte di calore possibile al refrigerante, e quindi, allorchè la sorgente sia ad una temperatura abbastanza elevata rispetto ai corpi conosciuti, aumentando nella macchina l'estensione fra i limiti di temperatura entro i quali essa opera.

Tra le macchine a vapore le più economiche sono quelle ad espansione, ed in queste l'economia aumenta coll'aumentare l'espansione stessa. Però per le ragioni addotte al N.° 25, esse sono sempre molto meno economiche delle macchine ad aria.

Digitized by Google

Secondo i calcoli del sig. Regnault, in una macchina a vapore ad espansione senza condensazione, in cui il vapore entra sotto la pressione di 5 atmosfere e sorte sotto la pressione di una atmosfera, il calore utilizzato è appena $^1/_{10}$ del calore dispensato dalla sorgente; mentre in una macchina ad altre circostanze eguali, ma con condensazione tale che nel condensatore sia costantemente la forza elastica di 55 millimetri, la frazione di calore utilizzata ascende ad $^1/_{20}$ di quello somministrato alla caldaja. Nella macchina d'Ericson siccome il calore che conserva l'aria quando sorte dalla macchina, viene depositato su corpi dai quali lo riprende la nuova aria che entra, così facendo astrazione dalle perdite esteriori, tutto il calore somministrato dalla sorgente, sarebbe (teoricamente) utilizzato per il lavoro meccanico. Le condizioni pratiche di questa macchina per renderla più vantaggiosa furono discusse in una dotta Memoria del sig. Lissignol. (Bibl. de Génève, novembre 1852.)

36. Il sig. Regnault avvertendo la difficoltà pratica di abbassare il limite di temperatura nella condensazione, suggerisce di diminuire l'estensione dell'espansione del vapore, condensandolo per l'injezione di un liquido molto volatile, come l'etere o il cloroformio. Il calore posseduto dal vapore acqueo che non era stato utilizzato a produrre lavoro, passa nel liquido volatile che viene da lui trasformato in vapore ad alta pressione, il quale potrà così essere utilizzato in una seconda macchina lasciando espandere finchè acquisti la temperatura dell'acqua nel condensatore. Il celebre fisico dichiara che dai suoi calcoli risulta che la quantità di calore utilizzato in questo modo, supera di molto quella che si sarebbe potuta utilizzare permettendo una più grande espansione al vapore nella prima macchina (Compt. Rend. 18 avril 1853).

Su questo principio sono fondate le macchine accoppiate, l'una a vapore d'acqua e l'altra a vapore d'etere o di cloroformio, sulle quali si studia da qualche tempo.

Digitized by Google

ERUZIONE DEL VESUVIO DEL GIORNO 8 DICEMBRE 1859; DEL PROF. GIORDANO.

Il Vesuvio fino dal 1855 si può dire essere stato in un'attività quasi continua: fu quella l'epoca della grande eruzione di *lava* che colmò a metà la grande vallata della Vetrana, e la sottoposta detta *di Faraone*, e i bacini circostanti e inferiori sul versante occidentale del Vulcano. Fu essa seguìta dall'altra eruzione del 1858 non meno singolare per la sua lunga durata di ben più che due anni, ed ugualmente dannosa, la quale bruciò e seppellì sotto il torrente di fuoco ridenti e fertili campagne, e per la copia immensa di materiali eruttati ed ammassatisi in alte montagne cangiò perfettamente di aspetto un immenso paese. Durante un sì lungo periodo il gran cratere alla sommità del cono non ha mai cessato di dar fuoco. Solamente da tre mesi esso erasi ridotto a tranquillità quasi perfetta; allorchè a mezzodì del giorno 8 Dicembre una forte scossa di tremuoto colmò di costernazione e di spavento tutti gli abitanti dei paesi che sono alle falde del Vulcano, e specialmente di quelli di *Torre del greco* popolosa borgata o città di oltre 24 mila anime, che giace a piè del monte al mare, e guarda tra mezzodì e occidente. Ma lo scuotimento fu tanto forte da essere avvertito distintamente anche a Napoli, e assai più da lungi. La prima scossa fu tosto seguita da otto altre ad intervalli di dodici a quindici minuti fino alle ore 2 e mezzo; delle quali alcune vibratorie o sussultorie, altre ondulatorie, le quali ebbero variamente e in differenti siti il loro massimo d'intensità. Successe poi una calma di presso a mezz'ora; e finalmente alle 3 senza tremuoto di sorta si vide sorgere improvvisamente dai fianchi del Vulcano un denso cumulo di fumo e di cenere volteggiante sopra sè medesimo, il quale elevatosi molto al di là della cima del cono prese le forme di quel *pino* tanto celebrato nelle antiche eruzioni vesuviane; e poi piegossi verso il mare per una leggiera aura che spirava dal nord-est, e non tardò a protrarsi fino a raggiungere le estremità del golfo all'isola di Capri. Ma su Torre del Greco diven-

Digitized by Google

ne il nembo sì denso che indusse vere tenebre anticipandovi di un' ora la notte. Cominciò tosto a piovere sul paese circostante e fino a grande distanza quella polvere fina, che chiamasi volgarmente *cenere*, e che non è in sostanza, come tutti sanno, altra cosa che la materia stessa delle rocce vulcaniche o delle lave ridotta ad una grande attenuazione. Pur tuttavolta vogliam notare che questa volta il polviscolo aveva una forma piuttosto granulare, e non si ridusse impalpabile come quello che piovve abbondantemente nella eruzione del 1822, se non abbastanza da lungi o l'indomani del giorno 8.

Or tutta questa massa immensa veniva fuori da una larga fenditura, che erasi aperta di presente ai fianchi del Vulcano dal lato che guarda tra mezzodì e ponente, da nord-est a sud-ovest longitudinalmente. Su questa fenditura si formò dapprima un cratere, e presto un secondo, e poi tre altri allineati; i quali son collocati a distanza di presso a 1400 metri al di sotto dei crateri dell' eruzione del 1794, il che vorrebbe dire a un terzo circa dalle così dette *piane*, le quali sono alla base del grande cono vesuviano, ed ai due terzi di distanza dal mare, e perciò in un sito che è affatto dominante sulla Torre del Greco.

Tutte queste bocche si sono aperte in terreni coltivati secondo la lava del 94: la prima d' esse sotto la casa di un colono per nome Francesco *Abbruci*, che con la sua famiglia vi dimorava, ed ebbero a straordinaria fortuna il salvarsi. È curiosa la coincidenza del nome col fatto, poichè si comprende da sè che se furono incolumi le persone, la casa e il podere divennero in breve ora preda del fuoco.

Trascorsa un' ora sola dall' apertura del primo cratere, cominciò la eruzione di lava con quei due consueti spaventevoli fenomeni, che sogliono accompagnarla. Il primo si è di lanciare in aria scorie e massi così della lava fluente come di quelle delle precedenti eruzioni, che quando appartengono alla stessa lava rivolgendosi in aria prendono una forma sferica o ellittoica, e hanno nome di *bombe* o di *saette*. La loro grandezza è molto varia, come è ben naturale. Questa volta ve ne sono state di quelle che hanno enormi dimensioni: ne ho misurata una, la più grande, nella quale mi sono imbattuto, di forma ovoidale: il suo maggior diametro è di due metri, e

Digitized by Google

giace a distanza di oltre 120 metri dal cratere che l'ha lanciata. Mi sembra di essere notata una singolare apparenza che accompagnava il venir giù dall'alto questi massi nell'atto di essere proiettati. Essi lasciavano dietro sè una traccia bruna del loro passaggio, di maniera da far credere a prima vista che fosse questo un effetto di persistenza della impressione sulla retina. Ma era ben altra cosa: poichè esaminato attentamente il fatto mi sono assicurato che quella striscia era dovuta a terra vegetale e a minutissime scorie, che la bomba ascendente con impeto traeva seco, e precedeva poi nel discendere con maggiore violenza pel suo peso.

Il secondo fatto imponente che accompagnò la eruzione di lava fu il fragoroso muggito, che orrendamente rimbombava per tutto il paese di attorno, e si ascoltava distintamente anche in Napoli. Ma pure non furono i boati così continui e fragorosi come quelli che accompagnarono l'eruzione del 1850; nella quale ti sembrava di assistere ancor da Napoli a frequenti scariche di potenti artiglierie a breve distanza. Cosicchè l'eruzione che narriamo sotto questo punto di veduta può dirsi occupare un posto medio tra la fragorosa e rimbombante del 1850, e l'altra silenziosa, e direi quasi pacifica del 1858.

Il torrente igneo si avviò a dirittura per sud-ovest verso la Torre, e precisamente fra il Convento dei Cappuccini e la Chiesa del Purgatorio. Scendendo guadagnava in larghezza sino a presentare un fronte di oltre 300 metri; la lava non era già liquida, e scorrevole come altre volte, ma pastosa e densa, zeppa di scorie di grandi dimensioni e di figure singolari e speciose. Perciò procedeva innanzi abbastanza lentamente così che per tutta la notte ora avanzandosi, ora soffermandosi, sino alle cinque del mattino del dì seguente non fece cammino maggiore di poco oltre il mezzo miglio.

La lava è quasi priva di *leuciti*, e ricca di *augiti*, come può anche giudicarsi dal suo aspetto, e però non andrebbe mal definita come assolutamente un *augitofiro*. Quindi è che anche la cenere non è stata grigia come d'ordinario nelle altre eruzioni del Vesuvio, ma quasi assolutamente nera.

Fin qui il cratere superiore del Vulcano era stato quasi in calma come negli ultimi giorni, ed assolutamente estraneo alla

Digitized by Google

eruzione. Ma alle 5 del mattino del dì vegnente la scena fu all'intutto cambiata. La cima del monte incominciò d'improvviso ad eruttare fragorosamente densi vortici di fumo e di cenere e massi di lava, che rotolando pervenivano quasi alla base del cono; e nell'istesso tempo cedette di violenza e per gradi la conflagrazione nei nuovi crateri, e la lava si arrestò come per incanto.

Ma fu quello l'istante che cagionò la distruzione a quasi tutti i fabbricati dell'intero paese la Torre del Greco, molte volte in differenti epoche seppellito dalle lave del Vesuvio ed ostinatamente rifabbricato dai suoi abitanti. Poichè sì violentemente si commosse la terra da aprirsi in lunghe e frequenti fenditure, le quali tagliano trasversalmente le strade, e corrispondentemente gli edifizi a dritta e sinistra; dei quali alcuni ruinarono di presente, alquanti l'indomani, altri si abbattono perchè minaccianti ruina, ma quasi tutti sono stati gravemente danneggiati. Quanta sia stata la forza che ha prodotto dislocazioni sì violente si può argomentare dal vedere spezzati nettamente in due, come solo con difficoltà si potrebbe per opera d'arte, quei grandi massi di lave vulcaniche, di che sono selciate le nostre strade, e che servono di sostegno ai balconi e ai parapetti, o comunque di ornamento ai nostri fabbricati. Si può dire con verità e senza tema di esagerazione che nulla di somigliante non abbiam mai veduto nelle eruzioni contemporanee, nè ci è stato raccontato dagli storici delle anteriori.

Tutte queste fenditure ascendono lungo il lato del Vulcano perpendicolarmente al lido del mare. Sono esse dirette costantemente, e sebbene raggianti, o *stellate*, ed alcune anche incrociantisi insieme, pure la direzione della risultante sembra essere la medesima che quella dell'apertura, secondo la quale i crateri sono allineati, cioè, da nord-est a sud-ovest. La larghezza delle fessure è variabile: in una di esse che mi è sembrata la più ampia ha raggiunto i 23 centimetri. La lunghezza pure è molto ineguale. Ne ho seguite due, che dalla sponda del mare pervengono fino alla lava. Innanzi tutto però è degna di essere osservata la profondità dei crepacci, di che ho potuto quasi coi miei occhi assicurarmi della maniera seguente. È accaduto ben sovente che altri spinto o dalla fertilità del

Digitized by Google

paese soprattutto in vigneti, o dall' amore di un clima veramente incantevole, che non oserei biasimare, han tentato e son riusciti con enormi spese dissotterrare il terreno seppellito dalla lava. Han forato, cioè, per opera di mine il fiume di basalte praticandovi come dei pozzi della larghezza di due a tre metri, e della profondità conveniente di alquante diecine di metri sino a raggiungere il terreno vegetale sepolto. Di laggiù lo han tratto in alto entro ceste a mano d' uomo e lo hanno sparso sulla lava formandovene uno strato di uno a due metri. Or bene, in quelle oscure cavità son disceso coraggiosamente, ed ho potuto convincermi che le fenditure superficiali pervengono fin colà, anzi oltrepassano la profondità di quelle, poichè vi si veggono sul pavimento i medesimi orepacci che sotto le volte. Accennerò di volo che introducendo la mano nelle fenditure inferiori ho provato una notevole sensazione di calore.

In questa circostanza ed egualmente per altre osservazioni ho potuto formare qualche ben fondata congettura della vera cagione di così enorme disgregamento del suolo; poichè veramente le scosse del tremuoto non sono poi state già di prima forza, nè tali da screpolare il terreno e sconvolgerlo. A me sembra invece indubitato che sia accaduta la catastrofe che deploriamo per un repentino sollevamento del suolo. Ne è argomento in primo luogo l' essersi osservato apparentemente un sensibile abbassarsi o ritirarsi del mare dalle sponde rispondenti a Torre; può valutarsi a circa un metro di altezza, se si presta fede alla gente del paese sull' altezza normale del mare. Tutto ciò vorrebbe dire in verità un uguale sollevamento del terreno. In secondo luogo la semplice ispezione delle fenditure basta a persuaderci che la superficie del suolo ha subito uno spostamento incurvandosi con la convessità al di fuori, poichè gli edifizi apertisi si veggono ad occhio fuori piombo ed inclinati in senso opposto ai due lati. Nelle cavità poi di cui sopra ho detto le fenditure sono costantemente più ristrette che all' infuori, mentre se fosse accaduto uno abbassamento dovrebbero essere per l' opposto più larghe, e dovrebbe osservarsi indifferentemente un fatto o l' altro nei diversi siti per ammettere le due opposte maniere di azione contemporaneamente avere esercitato influenza. Se volesse intanto divinarsi quale

Digitized by Google

mai sia stata la immediata cagione di siffatto sollevamento, nulla in verità può dirsene fin oggi senza taccia di avventatezza, comunque frequentissimi s' incontrino effetti somiglianti nella istoria dei Vulcani, e delle loro eruzioni antiche e moderne, specialmente nella Italia meridionale. Il certo si è che questa qualunque cagione ha dovuto operare a una grande profondità; ed io non oserei disprezzar senza esame la opinione di coloro, i quali credessero il sollevamento essere stato opera del torrente igneo, che arrestatosi di repente alla superficie si fosse fatto strada nelle viscere del Vulcano, colà ove esso offriva il minimo di resistenza. Non crediamo però che valga molto in appoggio di tale avviso il fatto del gorgogliare che dicesi accaduto nelle acque del mare di rincontro alla Torre a qualche distanza dal lido dove supporrebbesi arrivata la lava. Poichè ci sembra assai più conforme al vero che il fenomeno debba attribuirsi all' acido carbonico svolgentesi sul mare copioso così come sulla terra solida. Questo è l' aeriforme che costituisce le così dette *mofete*, o l' aria mefitica nella cavità dei contorni del Vesuvio, e dei *campi flegrei*, le quali appariscono quasi costantemente quando una eruzione volge al suo termine, e perciò ne sono il più sicuro indizio.

Un altro notevole fenomeno ha accompagnato indubitatamente questa eruzione, del quale han parlato talora gli antichi storici, ma si durava quasi fatica, non so perchè ad aggiustar fede ai loro detti. Voglio dire delle vere scariche elettriche alla sommità del cono vesuviano. Abbiam veduto infatti durante la notte del 9 al 10 fino alle sei ore del mattino guizzar le folgori ogni 5 a 10 minuti dall'interno del cratere, ed ora tracciando solchi rettilinei, ora sinuosi, e talvolta pure variamente ramificandosi saltava tra l'interno del cono e l'esterno così da sembrare che la lava dal focolare vulcanico fulminasse il superbo sovrastante nembo di cenere. Questo fatto che non potrebbesi porre in dubbio, poichè poggiato sulla fede di chiunque ne fu testimone sol che fissò alcuni istanti il guardo sul Vesuvio da presso o da lungi, ed ammirò quella incantevole scena dell' alternarsi a vicenda gli sprazzi luminosi della lava e della folgore che si proiettavano sopra un cielo mai altra volta così puro, questo fatto dicò mi avrebbe dato occasione di ese-

Digitized by Google

guire ben condotte esperienze per assicurarmi se veramente l'orlo del cono o la sua estrema superficie avessero avuta elettricità opposta a quella del vortice di cenere, o altrimenti dell'atmosfera. Esperienze di tal genere avrebbero sparsa non poca luce sulle leggi fisiche dello svolgimento della elettricità, ed anche più sui fenomeni fisici che avvengono durante una conflagrazione vulcanica che a me sembra troppo evidente la relazione tra questi fenomeni, e quelli della macchina di Armstrong da esserne pressochè identica la ragione. In verità la violenza dell'eruzione e i vortici di cenere, che si piegavano da un dei lati del cono, lasciando il lato opposto assolutamente sgombro, non mi avrebbero affatto impedito di guadagnare quel vertice senza pericolo: so infatti che delle guide giunsero fin colà, ed anche io in altra stagione, infierendo la eruzione molto più che ora non facesse, come ad esempio in quella del 1855. Ma questa volta quel rischio lontano e quella certa fatica sarebbero stati senza prò, poichè io non aveva meco strumenti adatti a sì delicate esperienze.

Veramente al presentarsi d'una eruzione con sì imponenti e singolari fenomeni avremmo avuto ragione da temerla abbastanza lunga, e di qualche settimana almeno; e pure mentre scrivo (Mercoledì 11 Dicembre) è assolutamente finita dopo una durata appena di 2 giorni. Jeri la pioggia di cenere ha diminuito considerevolmente il mattino, la sera poi ha cessato all'intutto. Al presente non altro che un fumo leggiero s'innalza dalla vetta del monte, e dal massimo dei nuovi crateri, i quali tutti si son ridotti a presentare niente più che l'aspetto di pacifiche *fumarole*. Nè vi è traccia dell'accaduto incendio all'infuori degli ordinarii fenomeni sulla lava, i quali sono cagionati dalla lunghezza del tempo che essa richiedeva a raffreddarsi per mancanza di sufficiente conducibilità pel calore.

Fo notare da ultimo che l'atmosfera è stata sempre serenissima durante la eruzione, come per parecchi giorni anche prima per modo che ben di rado come al presente noi godiamo con verità e senza esagerazione del *bel cielo di Napoli*. La temperatura è dolcissima, avendo il termometro oscillato fra gli estremi 4 e 10; e il barometro si è mantenuto quasi costantemente all'altezza di 76 centimetri.

Digitized by Google

DEL PASSAGGIO DEI RAGGI SOLARI ATTRAVERSO L'ARIA UMIDA, E DELLE PROPRIETA' IGROSCOPICHE DEL SALGEMMA; DI G. MAGNUS.

(Poggendorff annalen 1861).

Io ebbi già occasione in diverse mie precedenti dissertazioni sulla *propagazione del calorico nei gas* di accennare quanto sia considerevole il passaggio dei raggi solari nella nostra atmosfera. Benchè si potesse prevedere che la scarsa quantità di vapor acqueo, la quale può trovarsi nell'atmosfera alla temperatura ordinaria, eserciterebbe un' influenza appena sensibile sul passaggio dei raggi calorifici, sembrava tuttavia interessare di accertarsene, dopochè s'era visto come in eguali condizioni il gas oleofacente (gas idrogeno bicarbonato) non lascia passare che una metà di quei raggi, e il gas ammoniaco ancora meno. L' esperienza dimostrò ripetutamente ciò ch' erasi previsto; nè adoperando una sorgente calorifica a 100°, nè una fiamma a gas, non si rilevò nessuna differenza nel passaggio del calorico attraverso l'aria secca, ovvero attraverso l'aria satura di vapor acqueo.

È chiaro perciò che il vapor acqueo, finchè non è separato allo stato di nebbia, non esercita a 15° nessuna influenza notevole sul passaggio dei raggi calorifici, e che i raggi solari, finchè l'aria è trasparente giungono a terra nell'egual modo, sia che l'atmosfera sia pregna o nò di vapor acqueo.

Ho fatto pure analoghi esperimenti adoperando lamine di salgemma, ma presto m' accorsi che l'applicazione di quest'ultimo incontra non poche difficoltà. Il salgemma nell'aria satura di vapor aqueo attrae a se facilmente una certa quantità di quest'acqua e si riveste d'uno strato di soluzione salina, il quale può diventare tanto considerevole da cadere in goccie. Si porta una lamina di salgemma disposta a piano inclinato sotto una campana, in cui trovasi un vaso d'acqua, la soluzione allora si raccoglie nel punto più basso e sgocciola in un vaso sottopo-

Digitized by Google

sto. In questa guisa fu osservato l'assorbimento dell' acque fra 10° = 25°, senza che l'acqua che trovavasi sotto la campana avesse una temperatura superiore. Allora per confronto si pose sotto la campana una lamina di vetro accanto a quella di salgemma nella medesima posizione, ma giammai non si vide su quella traccia di umidità. Le lamine di salgemma adoperate erano tutte bianchissime e perfettamente trasparenti. Si adoperò di preferenza sale di Northwich presso Chester, ma anche sale di altra provenienza diede eguali risultati, e così pure il sale di Barcellona fornito dall'acqua marina.

Portando il sale nell'aria asciutta, dopochè s'è ricoperto di soluzione salina in un'atmosfera satura, l'acqua si evapora e il sale torna a disseccarsi.

Melloni ha trovato che uno strato d'acqua pura d'un millimetro d'altezza intercettava assolutamente i raggi provenienti da una sorgente di calore non luminosa. Dei raggi del platino incandescente ne passavano 5, 7 per cento. Una soluzione satura di sal comune secondo le esperienze di Melloni lasciava passare $^1/_{11}$ di più di raggi d'una lampada Argand, che non uno strato egualmente grosso d'acqua pura. Secondo le esperienze del Dottor Franz $^1/_9$ di più. Quanta parte di raggi d'una sorgente calorifica a 100° attraversa uno strato assai sottile di soluzione salina, nessuna esperienza ancora, a mia cognizione l'ha dimostrata; ad ogni modo essa quantità è estremamente piccola.

Perciò anche un leggerissimo velo di soluzione che si trovi sulla lamina intercetta il passaggio del calore.

Per ricercare in quale grado ciò avvenga disposi l'esperimento come segue:

Un tubo di vetro robusto lungo un metro fu chiuso alle due estremità mediante lamine di salgemma inglese di 12 millim. di spessore. Fu estratta l'aria contenuta e il tubo fu riempito d'aria secca. Allora si osservò la deviazione sul galvanometro prodotta dalla pila termoelettrica quando i raggi provenienti da un recipiente a pareti esterne nere, in cui si teneva continuamente acqua a bollire, riuscivano nell'aria secca contenuta nel tubo. Quindi si fece passare dell' aria pel medesimo tubo, la quale attraversava prima un lungo tubo che conteneva della pomice inumidita. Appena una piccola quantità di

Digitized by Google

questa aria riempiva il tubo provveduto delle lamine di sale, diminuiva le quantità del calorico che per esso riusciva alla pila termoelettrica. Facendo passare in seguito nuovamente aria asciutta attraverso i tubi, la deviazione dell' ago aumentava di nuovo e riacquistava in fine il primitivo calore. È inutile osservare ancora che quando il tubo era chiuso con lamine di vetro invece che con lamine di salgemma non si osservò nessuna differenza nel passaggio dei raggi calorifici. Continuando più a lungo il passaggio dell'aria umida attraverso il tubo a lamine di sale la quantità del calorico che passava poteva facilmente essere ridotta ad un quarto. Allora staccando le lamine dal tubo furon viste inumidite alla superficie interna. Non fu possibile di ottenere una diminuzione fino ad $^1/_{40}$ o ad $^1/_{67}$, come pretende Tyndall, neppure quando si inumidivano anche le superfici esterne delle lamine di sale.

Io non ardisco sostenere che i singolari risultati ottenuti da Tyndall dipendano dalle proprietà igroscopiche delle sue lamine saline, non conoscendo abbastanza nè la qualità di queste lamine, nè le precauzioni che Tyndall adoperò nei suoi esperimenti. Lo scopo ch'io mi sono proposto era unicamente di chiamare l'attenzione sulle difficoltà inerenti all'uso delle lamine di salgemma.

DELL'ELIMINAZIONE DELL'UREA E DELL'ACQUA NELL'URINA DELL'UOMO IN RELAZIONE COL PERIODO DEL GIORNO, STAGIONE, ESERCIZIO, ALIMENTO EC.; DI ED. SMITH.

(*Proc. of R. Societ. Maggio* 1861.)

Noi diamo le conclusioni di questo lungo lavoro durante il quale furono eseguite non meno di 1200 analisi di urina.

1.° L'escrezione diurna d'urea varia da 298 grani a 748: la media dell'anno è di 519 grani.

Digitized by Google

2.° La quantità d'urina varia da 24 oncie a 92 ed è in media giornalmente di 53 oncie.

3.° La quantità media d'urea in ogni oncia d'urina è di 9, 4 grani.

4.° L'emissione dell'urea per ogni ora del giorno è di 21, 7 grani, di 16, 5 nelle ore della notte, di 20, 3 prima della colazione e di 25, 5 nel mezzo del giorno.

5.° Il massimo dell'urea fu 34, 5 per ora.

6.° L'alcole coll'acqua presa prima della colazione genera dopo due ore un aumento notevole d'urea.

7. Il tè e il caffè presi per alimenti accrescono la quantità d'urea.

8.° Il lavoro dei prigionieri alla ruota accresce la quantità dell'urea.

9.° Ogni insolito aumento di cibo accresce l'eliminazione dell'urea, la quale diminuisce coi disturbi della digestione.

Questi diversi fatti provano la relazione che vi è fra la produzione dell'urea e dell'acido carbonico e le varie condizioni della vita animale.

DIFFUSIONE DEI LIQUIDI APPLICATA ALL'ANALISI; DEL PROF. GRAHAM.

(*Proc. R. S. Maggio* 1861).

La disuguale diffusibilità delle diverse sostanze nell'acqua sembra offrire un mezzo di separazione analogo a quello che deriva dalla diversa volubilità. Infatti anche relativamente alla diffusione vi sono le sostanze volatili e vi sono le fisse e questa distinzione sembra corrispondere a una differenza fondamentale nella costituzione molecolare. Cominceremo dal distinguere, quanto alla diffusione, due grandi classi di sostanze chi-

Digitized by Google

miche; della prima classe fanno parte le sostanze diffussive cristallizzabili o sole, o in combinazione coll'acqua: la loro soluzione ha sempre un sapore e manca di viscosità. È questa la classe dei *cristalloidi*. L'altra classe di minore diffusibilità è chiamata dei *colloidi*, che hanno il loro tipo nelle gelatine umane. Essi hanno una struttura vitrea e i piani dei corpi cristallizzati colla loro durezza e lucentezza sono rimpiazzati nei colloidi da superficie, da contorni rotondati e di un certo grado di morbidezza e cedevolezza. L'acqua di cristallizzazione è rappresentata dall'acqua di *gelatinazione* i colloidi sono tenuti in soluzione con un debole potere ed hanno poca azione sulla volatilità del solvente. Essi sono anche precipitati per l'aggiunta di cristalloidi. L'equivalente di un colloide è sempre molto alto. Si annoverano fra i colloidi l'acido silicico idrato, molti perossidi metallici idrati e la gomma, la destrina lo zucchero in caramello, l'albumine, ec.

La separazione di un cristalloide da un colloide è specialmente effettuata da una combinazione di diffusione dall'azione di una membrana composta di un colloide insolubile. La membrana più attiva si ottiene dalla carta metamorfosata dall' acido solforico e ridotta in quello stato che Delarue chiama pergamena vegetabile. L'esperienza è fatta mettendo la soluzione mista colloide, di zucchero e di gomma per esempio, in una specie di scatola di gutta-percha di cui una parete è formata di questa pergamena. Mettendo la scatola ad oscillare sopra una gran massa d'acqua si trova dopo 24 ore che i tre quarti dello zucchero si sono diffusi nell'acqua, mentre quasi nessuna traccia di gomma è passata. Questo processo di separazione s'intende nel modo seguente: lo zucchero è capace di prendere l'acqua dalla membrana colloidale e così ottenere un mezzo per la diffusione; la gomma invece non assorbe quest' acqua e così non può diffondersi. Questa separazione formata dalla membrana colloidale è chiamata dall'Autore *dialise*. La soluzione mista ottenuta versando il silicato di soda nell'acqua acidulata con acido idro-clorico è posta nel solito apparecchio per diffondersi nell'acqua. Dopo cinque giorni, $^7/_8$ d'acido silicico sono disciolti e rimasti nella scatola e sono liberi affatto dell'acido idro-clorico.

Digitized by Google

L'albumina solubile è ottenuta pura col processo suddetto aggiungendovi un poco d'acido acetico. Il sangue sfibrinato, il latte ed altri fluidi organici a cui furono aggiunti pochi milligrammi di acido arsenioso posti nel suddetto apparecchio per il dialise presentano lo stesso fenomeno, cioè, in meno di 24 ore l'acido passa nell'acqua. Il ghiaccio vicino al punto di fusione sembra agire come un colloide.

Da queste ricerche l'Autore è condotto ad ammettere che l'osmoso è specialmente un effetto dell'assorbimento dell'acqua dello strato gelatinoso sotto un influenza che ha un carattere catalitico e che è un fenomeno indipendente dalla diffusione. La membrana colloidale è capace di assorbire in un alto grado l'acqua tanto in contatto dell'acqua pura quanto in contatto di una soluzione alcalina. Questa membrana gonfiata per essere stata in contatto d'una soluzione diluita acida o alcalina, diviene molto alta all'osmoso in conseguenza del suo alto grado d'idratazione.

Come il lettore ha potuto accorgersene, questo estratto lascia molto a desiderare per la chiarezza, e noi l'abbiamo riprodotto per non lasciare interamente ignorare il lavoro di un chimico così distinto.

Digitized by Google

RICERCHE SUL MAGNETISMO TERRESTRE; MEMORIA
DI PAOLO FRISIANI.

Articolo I. (1)

Origine della forza magnetica principale inerente al globo terrestre.

INTRODUZIONE

La forza magnetica della terra si manifesta dagli effetti che essa produce, sia sopra una particolar classe di corpi, che diconsi magnetici, sia sopra corpi qualunque, quando siano opportunamente disposti a ricevere correnti elettriche circolanti intorno ad essi. Questa forza sarà completamente determinata quando, in qualsivoglia circostanza di tempo e di luogo, si possa conoscere non solo la direzione secondo cui essa opera, ma anche la sua intensità. Si avrà la prima quando si sappia l'angolo, che il piano in cui essa agisce fa con un piano fisso di nota posizione, ed inoltre l'angolo che essa fa coll'intersezione dei due piani suddetti. Per piano fisso si sceglie quello del meridiano del luogo d'osservazione, e siccome si ammette che il piano in cui la forza agisce è parimente un piano ver-

(1) Queste ricerche son divise in quattro separate Memorie. La 1. verte sull'origine della forza magnetica principale, e sulle variazioni secolari dei tre elementi magnetici. La 2. tratterà delle variazioni periodiche, che faccio derivare da tre cause distinte, qualificate coi nomi di notazione magnetica, di influenza meteorica e paramagnetica, e di perturbazione lunisolare. La 3. comprenderà l'esame delle perturbazioni straordinarie e delle influenze locali: le prime, in quanto che si manifestano in epoche separate da intervalli di tempo coincidenti con periodi di altri fenomeni naturali: le seconde, in quanto si esternano in particolari località del globo, ed in relazione spesso con alcuni fenomeni geologici. La 4. conterrà, in varie note, le dimostrazioni dei risultati analitici omesse nella redazione di queste Memorie, onde non distogliere l'attenzione del lettore dall'argomento principale.

Digitized by Google

ticale, così l'intersezione dei detti piani coincide colla verticale del luogo. Il primo angolo chiamasi declinazione, e si misura, o coll'ordinario apparato di declinazione, o meglio col magnetometro unifilare di Gauss. Al secondo angolo si suole sostituire il suo complemento, ossia quello che la direzione della forza fa coll'orizzonte del luogo, che dicesi inclinazione magnetica: la quale è indicata dall'angolo di depressione sotto l'orizzonte del braccio nord dell'ago d'inclinazione, supposto senza gravità e nella sua posizione d'equilibrio. Questo si misura, o direttamente, coll'apparato detto inclinatorio magnetico, o indirettamente, deducendolo dalle componenti orizzontale e verticale della forza. Da queste si cava inoltre il valore dell'intensità totale. Negli anni anteriori alla comparsa della celebre Memoria di Gauss *Intensitas vis magneticæ telluris, etc.*, si misurava questa forza cogli stessi metodi con cui si misura la gravità nei differenti luoghi della terra, cioè dal numero delle oscillazioni fatte da un ago magnetico intorno al suo punto d'equilibrio in un dato tempo, e se ne deduceva il rapporto delle intensità. Ma col metodo di Gauss ottenendosi una misura assoluta, e con un nuovo strumento, detto il magnetometro bifilare, ottenendosi le variazioni di intensità della stessa forza, questi nuovi metodi furono adottati dalla generalità dei fisici, specialmente negli osservatorj magnetici fissi. Pertanto la declinazione, l'inclinazione e l'intensità magnetica costituiscono i tre elementi del magnetismo terrestre, e questi sono variabili sia rispetto al tempo, sia rispetto al luogo ove si fa l'osservazione all'apparato esploratore (1). Questa variabilità di azione non si può attribuire

(1) La traduzione della citata Memoria di Gauss, accompagnata da varie note e schiarimenti, fu da me pubblicata nell'anno 1837, ed inserita nel 1. Supplemento alle *Effemeridi astronomiche* di Milano pel 1838. Fu in questa occasione che si istituirono all'Osservatorio di Milano le osservazioni magnetiche cogli apparati di Gauss. Alla citata traduzione fu dal sig. Carlo Kreil aggiunta la descrizione degli istromenti, ed il modo di servirsene. Siccome l'Osservatorio di Milano fu dei primi a giovarsi dei nuovi apparati di Gauss, così voglio sperare che sarà pure dei primi ad adottare i nuovi registratori fotografici, indispensabili per ottenere ad ogni istante i valori degli elementi magnetici, specialmente nelle epoche in cui si manifestano le straordinarie perturbazioni.

Digitized by Google

alla variabilità di una unica causa agente, sibbene di molte. La teoria del magnetismo terrestre ha per iscopo di isolare queste diverse cause, e di assegnarne il rispettivo effetto, onde poscia verificare se il risultato totale viene confermato dall'esperienza: Siccome queste diverse cause producono effetti che variano, sia col tempo, sia per la diversa situazione dell'ago, così l'attuale questione presenta tal quale analogia con quella di determinare ad un'epoca qualunque la posizione di un corpo del nostro sistema planetario. Sì nell'uno che nell'altro caso trovasi in giuoco una forza predominante, al cui paragone le altre possono ritenersi come azioni perturbatrici; in ambi i casi si presentano moti a lungo periodo, o secolari, e moti a breve periodo, detti tassativamente periodici, abbracciando intervalli di tempo più ristretti. Il gran numero di osservazioni fatte dai fisici sui tre elementi magnetici, e specialmente quelle istituite con somma cura nelle quattro grandi stazioni inglesi di Tronto nel Canadà, di Hobart-Town nella terra Van-Diemen (stazioni importanti per essere poste ai due estremi di uno stesso diametro terrestre, ed in regioni della più grande intensità magnetica), del capo di Buona Speranza, ove gli elementi subiscono grandi variazioni, e dell'isola di S. Elena, ove è assai piccola l'intensità magnetica (1), fanno sperare non lontana l'epoca in cui questi misteriosi movimenti saranno legati da leggi generali, colle quali si possa, come nei fenomeni astronomici, predire il loro andamento, sia rispetto al tempo, sia rispetto al luogo di osservazione.

(1) *Quadro delle posizioni geografiche delle citate stazioni.*

NOMI	LATITUDINI GEOGRAFICHE	LONGITUDINI DA GREENWICH	DECLINAZIONE MAGNETICA	INCLINAZIONE MAGNETICA
Toronto	43°.39′ nord	79°.21′ ovest	1°.27′ ovest	+ 75°.15′ nord
Hobart-Town	42. 52 sud	147. 27 est	9. 57 est	— 70. 36 sud
Capo di Buona Speranza	33. 56 sud	18. 29 est	29. 7 ovest	— 53. 58 sud
S. Elena	15. 56 sud	5. 46 ovest	22. 46 ovest	— 2. 37 sud

Digitized by Google

Quantunque non sia ancor maturo il frutto di tante ricerche teoriche ed esperimentali, non ho voluto omettere di associare i miei sforzi ad un incamminamento verso questo finale scopo, avventurando qui alcune idee, che potrebbero ad altri aprir la via a nuove ricerche. L'accordo fra i risultati desunti da questi principj, e fra quelli derivanti dall'osservazione, non pare che sia puramente fortuito. Sebbene alcuni fisici siano giunti a dare una plausibile spiegazione di alcune variazioni annue e diurne degli elementi magnetici, quella delle variazioni secolari rimase finora intentata, e l'ipotesi che io stabilisco, conducendo ad una plausibile spiegazione sì delle une che delle altre, e ad espressioni analitiche di forma, identiche a quelle empiricamente e teoricamente date finora, mi anima a presentarla al giudizio de'miei onorevoli colleghi. Questa ipotesi d'altronde fu già da tempo messa in campo da alcuni fisici, ma da essa non si cavarono quelle conseguenze che a me parvero derivare spontanee, e che vengono in certo qual modo a realizzare un pensiero emesso già da lungo dall'astronomo Halley, il quale, comprovata l'esistenza di due poli magnetici in ciascun emisfero (1), non vedeva modo di spiegare il moto dei nodi dell'equatore magnetico, se non col supporre una massa mobile nell'interno della terra. Le influenze esercitate da differenti cause sull'ago magnetico devono, nell'attuale ipotesi, distinguersi in due categorie: l'una, contiene gli effetti cosmici agenti sull'ago, sia in-

(1) La posizione che attualmente si attribuisce ai quattro poli magnetici del globo, ossia ai quattro punti dotati di massima intensità, due nell'emisfero boreale e due nell'australe, è la seguente. Uno trovasi a 52° 19′ di latitudine nord ed a 268° di longitudine all'est del meridiano di Greenwich, l'altro a 70° di latitudine nord, e 117° 40′ di longitudine orientale. Il 1°. che dicesi il polo canadense, ha per misura assoluta della sua intensità 14,2 della scala inglese; il 2°. che dicesi il polo siberiano, ha per intensità 15,3. Nell'emisfero australe, l'uno trovasi a 64° di latitudine sud, ed a 135° 10′ di longitudine orientale dal sopraindicato meridiano, e di intensità 15,6; l'altro alla latitudine di 60° sud, e 127° 20′ di longitudine occidentale, avente per intensità assoluta 14,9.

Questi punti di massima intensità non sono da confondersi con quelli impropriamente detti poli magnetici, in cui l'inclinazione magnetica è di 90°. Uno di questi fu trovato verso il 1830 dal capitano Ross, discosto dal polo boreale terrestre di 19° 54′ 41″, ed alla longitudine di 99° 7′ 9″ all'occidente del meridiano di Parigi.

Digitized by Google

direttamente sia direttamente; l'altra comprende l'azione che io chiamo meteorica, dipendente da causa pur essa cosmica, ma legata più intimamente a fenomeni tellurici. Fra queste differenti cause, si distinguono quelle che danno origine a variazioni secolari, da quelle che producono le periodiche. In questa Memoria mi occupo più specialmente delle prime, facendo astrazione dell'influenza esercitata dalle seconde.

§. 1. *Correnti elettriche telluriche.*

Il primo a rigettare l'antica idea di una o più calamite fisse nell'interno del globo, ed a far dipendere i fenomeni magnetici da correnti elettriche circolanti nella massa terrestre, fu l'illustre fisico Ampère, la cui ingegnosa ipotesi, confermata poscia, nella generalità de' fenomeni; dal sig. Barlow, è quella che qui viene, colle opportune modificazioni, adottata. Nell' interno della terra, che supporremo sferica, si immagini una porzione parimenti sferica e concentrica alla stessa, ma di raggio alquanto minore. Sia segnata su questo piccol globo interno la traccia dell'equatore terrestre, e di pochi gradi a questa inclinato, si consideri un cerchio massimo, sul quale supponiamo che circoli da est ad ovest, ossia in senso contrario alla rotazione diurna, una corrente elettrica continua. Sui cerchi minori e paralleli dell' ideata sfera, e da una e dall'altra parte del suo cerchio massimo, circolino nello stesso senso altre correnti elettriche, in modo che il loro complesso formi una zona, od anello elettrico circolante. Si immagini l'asse di questo anello prolungato dall' una, e dall'altra parte del centro della terra sino alla sua superficie. Su quest'asse esisteranno due punti egualmente discosti dal centro, dai quali supporremo che emanino le forze attrattive o ripulsive che questo anello, o solenoide centrale, eserciterebbe su altre correnti dirette nello stesso senso, od in senso contrario. L'un d'essi sarà situato nell' emisfero boreale, l'altro nell'australe. Per seguire il linguaggio comune, questi punti si diranno centri magnetici, l'uno boreale, l'altro australe; e si chiameranno poli magnetici apparenti i due punti in cui l'asse taglia la superficie terrestre. Si lasci arbitraria la distanza di questi centri, e si supponga che l'inclinazione del

Digitized by Google

cerchio massimo dell'anello faccia coll'equatore terrestre un tale angolo, che il suo asse prolungato verso il nord incontri la superficie terrestre in uno dei due punti di massima intensità magnetica.

Ci limitiamo per ora a considerare le conseguenze generali che derivano da questa semplice supposizione, per usare di questa finzione come tipo, nelle applicazioni ai casi più complicati che hanno luogo in natura.

Nell'atto che la terra compie la sua rotazione diurna, l'asse dell'anello, che per ora supponiamo fisso nella massa terrestre, descrive una superficie conica, ed il polo apparente, un cerchio intorno al polo terrestre, conservando invariata la sua distanza da questo, e la sua longitudine geografica, come se fosse un punto fisso sul nostro globo.

I fenomeni che i due centri d'azione produrrebbero in questa ipotesi sui tre elementi magnetici nei diversi punti del globo, sono del tutto analoghi a quelli che nell'antica ipotesi di una unica calamita centrale debbono aver luogo. L'effetto prodotto da questi centri viene rappresentato da analoghe formole, giacchè l'anello costituendo un solenoide, produce effetti esterni analoghi a quelli delle calamite. Le espressioni analitiche dei tre elementi magnetici, variabili col cambiamento di luogo, si vedranno esposte in seguito (1).

§. 2. *Correnti elettriche solari.*

Non si conosce da quale causa dipendano le correnti telluriche di cui si è parlato, e le diverse ipotesi dei fisici sulla loro origine non sembrano abbastanza soddisfacenti. Noi ammettiamo che queste risultino da una condizione generale o co-

(1) Fu solo per semplificare i calcoli, che si è ammessa l'esistenza di correnti simmetricamente disposte in forma d'anello o zona ristretta. Gli stessi principii potranno però servire di norma quando si supponga invece un anello bipartito nel suo corso, o più anelli fra loro diversamente inclinati, o correnti non simmetricamente disposte, come si è sopra adottato. Queste variazioni dovranno introdursi come modificazioni della legge generale predominante, in quei soli casi in cui speciali anomalie le rendano necessarie.

Digitized by Google

amica del nostro sistema solare, che cioè, non solo la terra, ma tutti i corpi del nostro sistema sono percorsi da analoghe correnti. L'effetto loro sarebbe in pieno accordo con quello che alcune recenti discussioni chiamarono in campo siccome atto a spiegare alcuni fenomeni astronomici. Occupiamoci della corrente circolante intorno al sole. Ammettiamo che questa abbia una direzione da ovest ad est, e costituisca un anello o un solenoide, il cui asse supponiamo, per semplificazione, parallelo all'asse di rotazione della terra.

Le porzioni dell'anello solare rivolte verso l'anello tellurico eserciteranno una attrazione sulle porzioni più vicine, ed una ripulsione sulle più lontane, e viceversa; ma la risultante totale sarà un'azione attrattiva. Infatti, queste correnti avendo per ipotesi direzioni opposte, o, ciò che è lo stesso, le estremità dei loro assi o poli rivolti al nord essendo di nome contrario, saranno fra loro attrattivi. Per maggior semplificazione ammetteremo quindi, che dal centro del sole emani una azione media attrattiva sulle porzioni dell'anello elettrico terrestre. Questa può anche essere l'attrazione newtoniana.

Se si invertisse la direzione di questa corrente, o si invertisse invece quella della terra, l'azione predominante diverrebbe in entrambi i casi ripulsiva.

§. 5. *Influenza equinoziale dell'azione attrattiva solare.*

Suppongasi il sole in uno degli equinozj, ove rimanga fisso durante la rotazione diurna della terra. L'anello elettrico, trasportato intorno all'asse di rotazione insieme colla massa terrestre, presenterà, rispetto al sole fisso che trovasi nel piano dell'equatore terrestre, tutte le diverse fasi prospettiche che l'anello equatoriale terrestre, formante un menisco rilevato, presenta rispetto al sole nel moto annuo della terra. Le condizioni pertanto cui il moto del menisco equatoriale, soggetto all'attrazione solare, dovrà soddisfare, saranno applicabili al moto dell'anello elettrico rispetto all'equatore, avuto riguardo alla diversità dei dati della questione. L'azione attrattiva generando nel primo caso i fenomeni della precessione e nutazione del piano del menisco rispetto al piano dell'ecclitica, così la forza in discorso darà luogo ad un fenomeno analogo di precessione

Digitized by Google

e nutazione dell'anello elettrico rispetto al piano dell'equatore. Se la forza divenisse ripulsiva, la retrogradazione rispetto ai punti equinoziali si cambierebbe in un moto progressivo dell'intersezione dell'anello coll'equatore, nello stesso senso di quello della corrente tellurica, ossia da est ad ovest. Inoltre, il menisco equatoriale non essendo affatto libero nello spazio, ma legato alla restante massa terrestre, che è obbligato a trascinar seco, subirà moti di precessione e di nutazione assai rallentati od impiccoliti. L'anello elettrico, all'incontro, qualora possa liberamente ubbidire alla forza attrattiva, che gli imprime analoghi moti nell'interno del globo, la cui massa non vi apporti ostacolo rilevante, darà origine ad una precessione e nutazione, che, in questo caso, chiamerò magnetiche, dotate di valori più pronunciati che nel fenomeno astronomico.

§. 4. *Precessione e nutazione solare.*

Prima di esporre le formole analitiche relative alla questione di cui si tratta, è necessario indicare in qual modo il La Place considera il fenomeno della precessione e nutazione dei punti equinoziali. Considerando nell'elissoide terrestre tutta la porzione rilevata dell'equatore come concentrata e raccolta sotto un menisco materiale, abbracciante la sottoposta massa sferica della terra, esamina i movimenti a cui sarà soggetto un tale anello sotto l'influenza del potere attrattivo del sole. Egli considera il menisco come fatto di tante porzioni disgiunte, che tutte compiono le loro rivoluzioni in un tempo eguale a quello della rotazione della terra. L'intersezione del piano in cui ciascuna porzione si muove col piano dell'eclittica, deve andar soggetta a quegli stessi movimenti cui ubbidiscono i nodi dell'orbita lunare in forza dell'azione attrattiva del sole: debbono, cioè, retrocedere, o muoversi in senso contrario al moto del menisco stesso. L'inclinazione all'eclittica del piano del menisco diventa, per la stessa causa, variabile. L'azione complessiva si compone di due azioni parziali, cioè: 1.° dell'azione media, in virtù della quale l'intersezione va retrogradando di moto progressivo e crescente col tempo, mentre si mantiene costante l'obliquità dell'eclittica; 2.° dell'azione o parte variabile, che ge-

Digitized by Google

nera movimenti variabili e periodici tanto nell' intersezione, quanto nell' obliquità intorno alle loro medie posizioni.

Sostituito, al moto reale della terra, il moto annuo apparente del sole, si avrà, in virtù della prima azione, il fenomeno della precessione degli equinozj, ed in virtù della seconda, quello della nutazione solare. Questa seconda azione, per cui vien reso variabile od oscillatorio il moto dell' equinozio, genera su di esso una variazione proporzionale al seno del doppio della longitudine del sole, e sulla obliquità un termine proporzionale al coseno del doppio dell' angolo stesso; ossia l' una proporzionale a N sin. 2 S, l' altra ad O cos. 2. S, essendo S la longitudine del sole, ed N ed O quantità costanti, che dipendono dalla massa del sole, dalla sua distanza alla terra, e dall' obliquità dell' eclittica. La velocità della retrogradazione degli equinozj è proporzionale alla massa solare, divisa pel cubo della sua distanza alla terra, con un fattore eguale al coseno dell' obliquità. Risulta questo moto medio progressivo dall' azione che eserciterebbe sul menisco, in luogo del sole, un anello giacente nell' eclittica, supposta circolare, nella quale fosse distribuita uniformemente la massa del sole. L' ineguaglianza periodica all'incontro, detta nutazione, proviene dal moto annuo del sole, in virtù del quale il menisco terrestre appare di fronte al sole sotto diversi aspetti prospettici.

§. 5. *Precessione e nutazione magnetica solare.*

Ritenuta costante la posizione del sole in uno degli equinozj, il piano dell' equatore passerà pei centri della terra e del sole. Sia trasferito al sole il moto diurno della terra. Mentre questi in 24 ore percorre il circolo equatoriale, l' anello elettrico obliquo al detto cerchio presenterà al sole, come già si è avvertito, quei diversi aspetti o fasi prospettiche che il menisco equatoriale presenta al sole, mentre questo percorre l' eclittica. Il moto delle diverse porzioni dell' anello, in cui lo possiamo supporre diviso, passanti di fronte al sole, sarà perturbato dall' azione attrattiva solare.

L' analogia fra i due fenomeni ci autorizza a riguardarli soggetti alle stesse leggi, ed alle stesse formole analitiche. Quin-

Digitized by Google

di l'azione perturbatrice sarà qui parimenti divisa in due, l'una costante, destinata a dar origine al moto medio e progressivo col tempo del nodo ascendente dell'anello elettrico, rimanendo costante l'angolo della sua obliquità. Il suo moto sarà contrario a quello della corrente elettrica, cioè da ovest ad est. La sua velocità, che chiamo m, sarà pure data da

$$m = \frac{CF \cos. \varpi}{R^3}, \qquad (1)$$

ove sarà F la forza, R la distanza dal sole alla terra, ϖ l'obliquità dell'anello all'equatore, e C una costante.

L'altra azione sarà variabile, ed il suo effetto verrà rappresentato da due moti periodici od oscillanti intorno alla posizione media; cioè da un moto nella intersezione, o nel nodo, e da un moto nell'obliquità dell'anello. Queste ineguaglianze saranno rappresentate rispettivamente dalle espressioni

$$A \sin. 2p \quad , \quad B \cos. 2p, \qquad (2)$$

ove l'arco p, dipendente dal tempo, sarà da contarsi sull'equatore a partire dal nodo ascendente, cioè da quel punto dell'intersezione media pel quale la corrente passa dall'emisfero sud al nord, il qual punto si troverà a 90° dal meridiano del polo magnetico medio. I fattori A e B ne' quali si intende compenetrato, ciò che in questa azione è indipendente dall'angolo orario, sono proporzionali alla forza $F : R^3$ del sole alla terra, potendo però essi variare col tempo. Quando tali movimenti si dovranno riferire al meridiano d'un dato luogo, discosto in longitudine dal meridiano del polo magnetico di un angolo $= \lambda$ all'ovest, ed essendo h l'angolo orario pomeridiano del luogo, sarà $p = 270° - + h$, e l'arco compreso nelle espressioni (2), sarà della forma $\alpha + 2h$.

§. 6. *Moto secolare e periodico del polo magnetico boreale.*

Nella stessa ipotesi del sole moventesi costantemente nell'equatore, compiendovi 365 rivoluzioni in un anno, il moto

Digitized by Google

dell' anello porterà seco un moto analogo dell' asse magnetico, ossia del polo magnetico boreale, intorno al polo terrestre. Un moto simile avrebbe luogo all' estremità australe del detto asse. In virtù del moto retrogrado e secolare del nodo, ritenuta costante l' obliquità, il polo magnetico percorrerà di moto secolare da ovest ad est una circonferenza intorno al polo terrestre. Il raggio del cerchio in cui si muove questo polo medio di moto assai lento, sarà eguale all' arco che abbiam chiamato ϖ. Ma il polo vero, in virtù della nutazione magnetica, descriverà un' elisse avente per centro il polo medio. I due semi-assi di questa elisse saranno rappresentati dalle costanti A, B.

Trattandosi di moti assai piccoli, sostituiremo, per semplicità, all' elisse descritta, un cerchio di raggio ε, eguale al valor medio dei due semi-assi. Questo piccol circolo, di raggio ε col suo centro posto sulla circonferenza più grande, rappresenta un epiciclo percorso dal polo vero due volte in 24 ore, mentre il suo centro occupato dal polo medio è trasportato di moto secolare intorno al polo terrestre. Tale sarebbe la rappresentazione geometrica del moto d' un polo magnetico apparente, prodotto dal fenomeno della precessione e nutazione magnetica solare, sempre nell' ipotesi che il sole rimanga costantemente nel piano dell' equatore. Ma allontanandosi esso, nel suo moto annuo, dall' una e dall' altra parte dell' equatore, e percorrendo di moto diurno i diversi paralleli dotati di raggi sempre minori, l' assoluta sua velocità diurna, comunque apparente, andrà diminuendo, e sarà quindi necessaria una correzione dipendente dalla variata declinazione del sole.

§. 7. *Moti secolari e periodici dipendenti dalla declinazione del sole.*

A parità di distanza del sole dalla terra, i moti periodici dell' intersezione e dell' obliquità debbono variare a seconda della velocità assoluta del corpo in moto da cui emana la forza perturbatrice, od, in altri termini, la quantità della nutazione dipenderà dalla velocità del corpo da cui essa ha origine. Se la terra fosse priva del moto di rotazione, e quindi nullo il moto diurno del sole, il fenomeno della nutazione magnetica non sussisterebbe, comunque si ritenesse invariato il moto della corrente

Digitized by Google

tellurica. Ma l'azione media da cui dipende la precessione magnetica, caratterizzata nel moto retrogrado dell'intersezione dell'anello coll'equatore, sarebbe ancora sussistente, essendo essa indipendente dal suddetto moto diurno.

Quando la forza agente sull'anello viene a trasferirsi dall'equatore sopra un parallelo, la sua velocità assoluta viene a scemare, e in conseguenza la sua azione sulla nutazione, che può riguardarsi proporzionale alla sua velocità, e quindi proporzionale al raggio del parallelo, verrà diminuita in ragione del coseno della declinazione del sole.

Si conchiude pertanto, che il coefficiente del tempo nel moto della precessione che dipende dall'intensità della forza, non rimarrà pur esso costante nei diversi giorni dell'anno, pel solo effetto della variata distanza del piano del parallelo da quello dell'equatore; ma questa ineguaglianza compiendosi nel periodo di un anno, il moto annuo della precessione sarà costante. In quanto alla nutazione, si dovrà sostituire ai coefficienti A, B delle due funzioni circolari, i coefficienti C cos. δ, D cos δ, ove δ indichi la declinazione del sole. Quindi si vede, che se si supponesse trasportato il sole sulla direzione dell'asse di rotazione, per cui sarebbe $= 90°$, scomparirebbe l'effetto della nutazione per esser divenuta zero la velocità diurna apparente, ma sussisterebbe pur sempre l'effetto della precessione, il quale verrebbe soltanto diminuito in ragione dell'aumentata distanza del sole dal piano dell'equatore. Un risultato simile si otterrebbe quando si decomponesse in due la forza solare agente nel parallelo, di cui l'una fosse la sua projezione sul piano dell'equatore, e l'altra a questa normale, e che venisse per la sua piccolezza trascurata la seconda componente in confronto della prima.

Le espressioni della nutazione magnetica, ossia dei moti periodici dell'intersezione e dell'obliquità, si ridurranno quindi, in un'epoca qualunque dell'anno, alle seguenti:

$$C \cos. \delta \sin. 2p \quad , \quad D \cos. \delta \cos. 2p \quad , \qquad (3)$$

ove i coefficienti C, D esprimono quantità proporzionali alla forza $\frac{F}{R^3}$.

Digitized by Google

In virtù di questa modificazione, il raggio medio ε dell'epiciclo descritto dal polo magnetico, nell'ipotesi di R costante, andrà soggetto ad una variazione, il cui periodo comprenderà un intero anno; ossia, sarà espresso da $\varepsilon \cos. \delta$. Esso avrà un valor massimo quando il sole trovasi negli equinozj, e minimo quando trovasi nei solstizj; quindi due massimi e due minimi eguali nel periodo di un anno. Ma il coefficiente ε essendo proporzionale alla forza $\frac{F}{R^3}$, converrà supporre che il polo vero si muova su un epiciclo di raggio eguale al valor medio di $\varepsilon \cos \delta$, mentre il suo centro sarà trasportato sulla circonferenza di un altro epiciclo dipendente dalla variazione annua di detta distanza, il cui centro si muova di moto secolare sul cerchio polare.

§. 8. *Precessioni e nutazioni magnetiche lunare e planetarie.*

Altre azioni cosmiche, oltre quella del sole, possono esercitare un'influenza sul moto del piano della corrente tellurica, ed in particolare quella dovuta alla luna, siccome l'astro più prossimo alla terra, e pur essa provveduta di corrente elettrica. Ammettendo qui pure una direzione di correnti comune con quella del sole, e fatta astrazione dal moto del nodo lunare, è facile persuadersi che la sua influenza darà origine ad un moto di precessione che si aggregherà a quello prodotto dal sole; e che inoltre sarà causa di una nutazione lunare magnetica sia nel nodo sia nell'obliquità dell'anello tellurico. Le espressioni di questi due movimenti saranno date dalle formole

$$\frac{F'}{R_1^3} C' \cos. \delta' \sin. 2p', \quad \frac{F'}{R_1^3} p' \cos. \delta' \cos. 2p', \qquad (4)$$

nelle quali le lettere coll'apice rappresentano le stesse quantità, come nelle formole (3), ma riferibili alla luna; così δ' rappresenterà la declinazione, p' un angolo dipendente dall'ora lunare, ed R' la distanza della luna alla terra. Se nella rappresentazione di questa azione della luna si vuol far intervenire il moto del nodo della sua orbita, il cui periodo è di 18 anni, si avranno espres-

Digitized by Google

sioni simili a quelle della nutazione lunare dell'asse terrestre, che, nel caso attuale, saranno date da

$$P \cos. \delta' \sin. \Omega, \qquad Q \cos. \delta' \cos. \Omega \qquad (5)$$

ove Ω rappresenterà la longitudine del nodo ascendente dell'orbita lunare.

Di conformità a quanto abbiamo detto nel § 2, che l'esistenza di correnti elettriche circolanti intorno a differenti masse possa essere una condizione o proprietà generale del nostro sistema solare, avranno pur luogo analoghe azioni, provenienti dai pianeti, sul moto del piano della corrente tellurica, e si avranno analoghe espressioni per le precessioni e nutazioni planetarie.

Se l'anello elettrico, che, per un caso semplice, abbiamo supposto girare intorno al nucleo della terra, ed affatto libero di muoversi in ogni direzione, fosse invece legato colla massa, in modo da non poter uscire dal suo piano di rotazione senza strascinar seco l'intera massa, il fenomeno della precessione e nutazione magnetica sarebbe ancor più analogo a quello del menisco equatoriale che, obbligato a condur seco il restante del globo, assume moti secolari piccolissimi. Nel fenomeno magnetico poi l'azione si ridurrebbe ad accelerare o ritardare di pochissimo la rotazione diurna del nucleo, secondo che la direzione della sua corrente in esso imprigionata si volga da est ad ovest, o viceversa. Lo stesso fenomeno avrebbe luogo quando ad un'unica corrente anulare si volessero sostituire, al modo d'Ampère, tante piccole correnti fra loro parallele, rotanti intorno alle molecole della massa centrale, obbligate a non potersi disgiungere dalle medesime.

Articolo II.

Espressioni dei tre elementi magnetici nell'ipotesi di un solo anello rotante.

Nella ipotesi che non esista nell'interno del globo che un solo anello o zona elettrica, come si è supposto nel precedente

Digitized by Google

articolo, ne deriverebbero, rispetto a ciascun elemento, quelle conseguenze che si avrebbero dall' esistenza di un solo asse magnetico terrestre, ossia di due poli magnetici diametrali. Ciascun di questi elementi sarà rappresentato da una espressione che, ritenuta un' epoca fissa, dovrà variare secondo i diversi punti del globo, e ritenuta invariata la posizione sul globo, dovrà variare a seconda delle diverse epoche. Si daranno in seguito le conseguenze che derivano dalla seconda ipotesi, cioè, dall'esistenza di due assi magnetici corrispondenti a due anelli rotanti. Nella prima ipotesi, il moto secolare del polo magnetico medio, intorno al polo terrestre, dovuto alla precessione generale, in virtù della quale l'asse passante pei centri d'azione dell'anello cambia lentamente di posizione nel suo moto secolare, deve esercitare una variazione analoga sugli aghi di declinazione, e di inclinazione, non che sul valore dell'intensità totale.

§. 1. *Variabilità della declinazione rispetto al luogo e rispetto al tempo.*

Suppongasi nota la posizione geografica del polo apparente boreale. Ciò che segue avrà pur luogo pel polo australe, posto per ipotesi in direzione diametrale al precedente. Si consideri intorno al polo geografico quel cerchio che il polo magnetico è obbligato a percorrere di moto secolare. Sia P il polo geografico, e p, il punto di detto cerchio, in cui ad una data epoca trovasi il polo magnetico medio. Si indichi con ϖ l'arco che congiunge i due poli P, p. Supponiamo che il tempo in numero di anni venga contato dall'epoca del passaggio del polo medio pel meridiano superiore di un determinato punto del globo, e si indichi con m il moto annuo, ed uniforme del polo nel suo circolo polare. Dopo un numero t di anni, il polo mobile avrà percorso un arco $= mt$, che posto $=\lambda$, rappresenterà la longitudine del polo magnetico, contata dal meridiano del luogo. Immaginando sulla superficie sferica della terra un triangolo P α p, i cui vertici siano il luogo d'osservazione, il polo terrestre P ed il polo magnetico p, e si indichi con z la collatitudine del punto d'osservazione, e con v l'angolo P α p, sarà v l'angolo fatto dal me-

Digitized by Google

ridiano magnetico col meridiano del luogo, ossia la declinazione magnetica che sarà data dall'espressione

$$\text{tang. } v = \frac{\text{sin. } \lambda}{\text{sin. } z \text{ cot. } \varpi - \text{cos. } z \text{ cos. } \lambda} . \qquad (6)$$

Assumendo positivo il tempo t, dopo il passaggio del polo mobile, pel meridiano superiore, la declinazione v sarà positiva o negativa insieme con t, e sarà orientale od occidentale, ossia positiva o negativa, secondo che il moto del polo sarà nella direzione della rotazione terrestre, o in senso contrario. Dalla formola (6) si vede che la v sarà zero per $t = o$, od $= \frac{180^\circ}{m}$. Le escursioni massime orientali od occidentali dell'ago saranno date dai due valori di t, che verificano l'equazione

$$\text{cos. } mt = \text{tang. } \varpi \text{ cot. } z . \qquad (7)$$

Essendo nota la posizione del polo magnetico per un'epoca data, la declinazione v può essere anche espressa dalla formola

$$\text{sin. } v = \frac{\text{sin. } \varpi \text{ cos. } \lambda}{\text{sin. } \xi} , \qquad (8)$$

in cui l'arco ξ, che indica la distanza del punto d'osservazione del polo magnetico, è dato dall'espressione

$$\text{cos. } \xi = \text{cos. } \varpi \text{ cos. } z + \text{sin. } \varpi \text{ sin. } z \text{ cos. } \lambda . \qquad (9)$$

Questa ξ dicesi la collatitudine magnetica del luogo d'osservazione

Se chiamisi α' l'angolo che i due archi condotti dal detto luogo e dal polo terrestre fanno al polo magnetico, si avrà

$$\text{tang. } \alpha' = \frac{\text{sin. } \lambda}{\text{sin. } \varpi \text{ cot. } z - \text{cos. } \varpi \text{ cos. } \lambda} . \qquad (10)$$

Queste due ultime formole serviranno a trovare la longitudine e latitudine di un punto del globo, riferite non più al po-

Digitized by Google

lo terrestre ma al polo magnetico medio, in funzione della longitudine e latitudine geografica del punto stesso (1).

Se di un punto del globo di nota posizione geografica si conosca con precisione in una data epoca la declinazione magnetica, e la collatitudine del polo magnetico, ossia si conoscano i valori di v, e di ϖ, si otterrà per l'epoca stessa il valore di λ coll'espressione

$$A \sin. \lambda + B \cos. \lambda = C, \qquad (11)$$

essendo

$$A = \cos. v; \quad B = \sin. v \cos. z; \quad C = \sin. v \sin. z \cot. \varpi \qquad (12)$$

Con questa si ha il mezzo di ridurre il moto della declinazione media v a quello che subirebbe un declinatorio collocato al polo terrestre.

Se all'incontro siano noti i valori di λ e di v, si avrà il valore della distanza ϖ del polo magnetico dal terrestre colla formola

$$\text{tang. } \varpi = \frac{\sin. z}{\cos. z \cos. \lambda + \cot. v \sin. \lambda}. \qquad (13)$$

Finalmente, se per un'epoca data sia nota la v e la sua variazione annua dv, non che l'arco λ, si avrà il moto annuo del polo mobile nel suo cerchio polare, ossia la $m = d\lambda$, coll'espressione

$$m = \frac{\sin.^2 \lambda \, dv}{\sin.^2 v (\sin. z \cos. \lambda \cot. \varpi - \cos. z)}. \qquad (14)$$

(1) Le formole (9), (10) sono qui registrate allo scopo di potere, colle declinazioni osservate a diverse latitudini e longitudini geografiche ridotte ad un'epoca fissa, disporre una tavola avente per argomenti le latitudini e longitudini magnetiche dei luoghi in cui si avverarono le indicate declinazioni, prese non più dal polo terrestre, ma dal polo magnetico. Le tavole delle declinazioni magnetiche date dal sig. Pouillet nella sesta edizione de' suoi *Elementi di fisica*, vol. II, prese dalle carte del 1836 del capitano Duperrey e completate, mostreranno, quando vengano ordinate con questi argomenti, una diversa serie di differenze, le quali, già per se stesse faranno nascere bastanti dubbii sull'esistenza di un unico asse magnetico.

Digitized by Google

Se si volesse contare il tempo t, non più dal passaggio del polo mobile pel meridiano del luogo d'osservazione, ma per quello da cui si sogliono contare le longitudini geografiche, si dovrà sostituire nelle precedenti formole all'arco λ la differenza $mt - \alpha$. assunto come positivo il moto del polo da est ad ovest, ed indicando con α la longitudine anzidetta. L'espressione (6) indica allora con qual legge, ad un'epoca fissa e rimanendo costante la ϖ, la declinazione varii sul globo al variare degli archi α e z; ossia al variare della longitudine e collatitudine del luogo.

Risulta pertanto dalla formola (6), che nella assunta ipotesi di un asse solo, i meridiani magnetici dovrebbero tutti convergere ai due poli magnetici del globo; che l'equatore magnetico sarebbe quel cerchio massimo che è discosto dai poli di 90°; e che ivi la declinazione sarebbe espressa da

$$\text{tang. } v = \text{tang. } \varpi \text{ sin. } \lambda ; \qquad (15)$$

che inoltre la declinazione sarebbe zero per tutti quei punti in cui ad una data epoca fosse $\lambda = o$, ovvero $\lambda = 180°$, ossia per tutti quei punti che trovansi sul cerchio massimo passante pei poli terrestri e magnetici congiuntamente. Non vi sarebbe pertanto sul globo che una sola linea di declinazione nulla; le linee poi di egual declinazione od isogone dovrebbero essere distinte in due sistemi separati dal cerchio massimo di declinazione nulla che divide il globo in due emisferi orientale ed occidentale; a ciascuna linea isogona di un emisfero ne dovrebbe corrispondere una eguale ed omologa dell'altro.

Tali sarebbero i cambiamenti che in un' epoca fissa la declinazione subisce col cambiamento di luogo sulla terra. Variazioni di altra specie avranno luogo in un qualsivoglia punto fisso del globo al variare del tempo, in forza del moto secolare del polo medio. L'ago di declinazione sarà obbligato a seguire il polo mobile nel moto rivolutivo sul suo cerchio polare, in direzione che ora lasciamo indeterminata. Essa dovrà presentare una escursione da una e dall' altra parte del meridiano del luogo, secondo che il polo mobile trovasi sul semicerchio orientale od occidentale. Sarà zero la declinazione ad ogni pas-

Digitized by Google

saggio del polo pel meridiano superiore ed inferiore, ed avrà una elongazione massima all' oriente od all' occidente, ad ogni passaggio del polo stesso per quei due punti del cerchio che descrive, coincidenti coi punti di contatto delle due tangenti al cerchio condotte dal luogo fisso: le due elongazioni eguali saranno date dal valore di v, desunto dalla formola (6), in cui pongasi per λ il valore dato dall' espressione

$$\cos. \lambda = \text{tang. } \varpi \text{ cot. } z. \qquad (16)$$

Queste escursioni da una e dall' altra parte del meridiano dovranno riprodursi le stesse ad ogni periodo in cui si compie l' intera rivoluzione del polo mobile.

La variazione annua dv della declinazione dipendente dal moto secolare, dovrà essere massima al passaggio del polo pel meridiano superiore, e determinata dall' espressione

$$dv = \frac{\text{sin. } \varpi}{\text{sin. } (z - \varpi)} m; \qquad (17)$$

minima nei punti delle due eguali elongazioni all' oriente ed occidente, e determinata dal valore di dv dato dalla stessa equazione (14), in cui pongasi il valore di λ cavato dall' espressione (15); ed avere un intermedio valore al passaggio pel meridiano inferiore determinato da

$$dv = \frac{\text{sin. } \varpi}{\text{sin. } (z + \varpi)} m. \qquad (18)$$

§. 2. ***Variabilità dell' inclinazione rispetto al luogo e rispetto al tempo.***

Richiamando ciò che si è detto nell' articolo 1 § 1 di questa Memoria, indico ora con C, C' i due centri d' azione boreale ed australe da cui emanano le forze attrattive e ripulsive sui due poli A, N di un ago magnetico affatto libero di moversi intorno al suo centro α, reso indipendente dall' azione della gravità. In tal caso l' ago dovrà disporsi nella direzione della risultante di tutte le forze che lo sollecitano. Il piano passante

Digitized by Google

pei due centri C, C' e per un determinato punto del globo, sarà il meridiano magnetico del luogo. Il piano passante pel centro della terra normalmente alla retta C C' dividerà il globo in due emisferi magnetici, l'un boreale l'altro australe, e si dirà l'equatore magnetico. L'ago si disporrà nel meridiano magnetico, e la sua estremità nord, od il punto segnato N, apparirà nel nostro emisfero depresso sotto l'orizzonte, per effetto dell'azion prevalente su di esso del centro C più vicino. Nell'emisfero australe sarà l'estremità sud, od il punto segnato A dell'ago che apparirà depresso sotto l'orizzonte, per effetto dell'azione prevalente del centro C' a lui più prossimo. Siccome gli effetti sull'ago sono affatto analoghi nei due emisferi magnetici, così noi dirigeremo il discorso di preferenza sui fenomeni che si manifestano nell'emisfero in cui ci troviamo. Il centro C attrae, secondo la legge newtoniana, l'estremità N dell'ago, e respinge l'estremità A. Il centro C' attrae il punto A e respinge il punto N. Se si chiamano a, a' le distanze del centro α dell'ago dai due centri d'azione C, C', e dicansi β, β' gli angoli che l'asse A N dell'ago fa esteriormente colle rette a, a' nel suo stato d'equilibrio, dovrà avverarsi la proporzione

$$\text{sin. } \beta : \text{sin. } \beta :: a^2 : a'^2 .$$

Da questa si caverà l'espressione dell'inclinazione dell'ago, ossia dell'angolo che il braccio α N fa al di sotto dell'orizzonte. Chiamando i tale inclinazione, ξ la collatitudine magnetica del luogo d'osservazione, ed ω il rapporto fra la distanza dei centri C, C', e la distanza dei poli apparenti, si avrà

$$\text{tang. } i = 2 \text{ cot. } \xi - \frac{1}{2} \omega^2 \text{ sin. } 2\xi ; \qquad (19)$$

ove per la piccolezza di ω si sono trascurate le sue potenze superiori alla seconda. Da questa espressione risulta, che l'inclinazione cresce o scema, allo scemare o crescere della collatitudine ξ; che essa diventa zero o 90° quando il valore ξ è 90° o zero. Essendo ω una quantità costante per tutti i punti del globo, l'inclinazione dovrebbe mantenersi costan-

Digitized by Google

te su tutti i punti di uno stesso parallelo magnetico. Dovrebbe essere zero all'equatore, e quindi l'ago mostrarsi orizzontale in ciascun de' suoi punti, ed essere di 90° ai due poli apparenti, e quindi mantenersi verticale in questi due punti. Ritenuta costante la distanza dei centri, la ω diminuisce di valore al crescere della distanza dell'ago dal centro della terra, per essersi in pari tempo aumentata la distanza dei poli apparenti. L'inclinazione quindi dovrebbe diminuire coll'elevar l'ago lungo il prolungamento del raggio terrestre. Aumentando sempre più l'elevazione dell'ago lungo la verticale del luogo, il valore di tang. i va continuamente avvicinandosi, come a suo limite, al valore di 2 cot. ξ. La stessa conseguenza ha luogo quando, tenuto fisso il raggio terrestre, si suppone invece diminuire la distanza dei centri. L'espressione limite si riduce a

$$\text{tang. } i = 2 \text{ cot. } \xi \; ; \qquad (20)$$

la quale coincide coll'antica formola data da Biot ed Humboldt sotto un'altra forma (1). La costante ω nella formola (19), è una quantità incognita. Quando però in un dato luogo di nota collatitudine magnetica siasi con accurata osservazione determinata l'inclinazione media i, il valore di ω cavato dalla (19), ossia

$$\omega^3 = 2 \frac{2 \text{ cot. } \xi - \text{tang. } i}{\text{sin. } 2\xi} \qquad (21)$$

(1) I signori Humboldt e Biot, in un' antica Memoria letta all'Istituto nazionale di Parigi sino dal 26 Frimajo, anno XIII, ossia nel 1806, *Sur les variations du magnetisme terrestre à differentes latitudes*, diedero pei primi l'espressione dell'inclinazione i colla formola

$$\text{tang. } (i + l) = \frac{\text{sin. } 2l}{\text{cos. } 2l - {}^1/_3} \; ,$$

riprodotta dallo stesso Biot nel vol. III, pag. 132, del *Traité de Physique* ove l rappresenta la latitudine magnetica del luogo d'osservazione. Ma sostituendo alla tangente della somma degli archi i, l, ed al seno e coseno dell'arco doppio $2l$, le loro espressioni per archi semplici, si giunge, dopo facili riduzioni, all'espressione, ora generalmente in uso, tang. i = 2 tang. l, che, avuto riguardo al valore di $l = 90° - \xi$, coincide colla formola esposta.

Digitized by Google

potrebbe servire alla determinazione *a priori* del valore dell'inclinazione in tutti gli altri punti del globo. Tali sono i cambiamenti cui andrebbe soggetta l'inclinazione col traslocare l'ago in diversi punti della superficie terrestre in un'epoca fissa.

Ma questo elemento in un punto qualsivoglia determinato e fisso, deve variare col tempo dipendentemente dal moto secolare dell'asse magnetico. Infatti il polo magnetico apparente cambiando di posizione sul globo, la collatitudine ξ di un determinato luogo deve pur essa cambiare. L'inclinazione crescendo al diminuire di ξ e viceversa, avverasi la conseguenza che nel moversi il polo apparente nel suo cerchio polare, dovrà l'inclinazione crescere ogniqualvolta il polo passa dal meridiano inferiore al superiore, e scemare quando da questo si muove verso il primo. L'inclinazione quindi dovrebbe essere massima al passaggio del polo pel meridiano superiore; minima al passaggio per l'inferiore, ed avere valori intermedj quando il polo trovasi in punti intermedii dei semicerchi orientale ed occidentale.

La direzione del moto del polo in questione dipende da quella della corrente solare. Nel caso già da noi ammesso, il moto secolare del polo sarebbe nella direzione del moto diurno della terra. Se supponessimo invertita la direzione della corrente solare, il moto si farebbe invece da est ad ovest. Ammessa una qualunque delle indicate direzioni, se l'origine del tempo si assume, come si è fatto per la declinazione, dall'epoca del passaggio del polo pel meridiano superiore del luogo fissato, la collatitudine magnetica ξ essendo espressa colla formola (9), in funzione di λ, che rappresenta il moto *mt* del polo anche tang. *i*, e quindi l'inclinazione potrà rappresentarsi in funzione del tempo. Si osserverà che nei punti del globo situati sopra meridiani discosti fra loro di 180°, avranno luogo, rispetto all'incremento o decremento secolare dell'inclinazione, fenomeni opposti.

§. 5. *Variabilità dell'intensità rispetto al luogo e rispetto al tempo.*

Gli stessi principii che hanno condotto alle espressioni analitiche della declinazione e dell'inclinazione servono di base alla

Digitized by Google

determinazione del valore dell' intensità magnetica in un punto qualunque del globo, e per un' epoca qualsivoglia, sempre nell' ammessa ipotesi di un solo asse magnetico.

Si indichi con c la distanza dai centri d' azione nell' interno del globo, con f la forza che ciascun d' essi esterna su ciascun polo dell' ago all' unità di distanza, con r il raggio terrestre, e con ρ l' intensità magnetica in un luogo di collatitudine ξ, avendo ω la precedente significazione. Si avrà

$$\rho = \frac{fc}{r^3}\left\{1 + 3\cos.^2\xi + \omega^2\left[\cos.^2\xi(25\cos.^2\xi - 6) - 3\right]\right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (22)$$

Si vede che l' intensità varia in ragione inversa del cubo della distanza dell' ago dal centro della terra, e che, mantenuta costante tale distanza, varia, in un' epoca fissa, al variare della collatitudine magnetica. Col mutar di posizione dell' ago sul globo, essa acquista un valor massimo per $\xi = 0$, ed un valor minimo per $\xi = 90^0$. Per cui la massima intensità ha luogo al polo magnetico, la minima all' equatore. Nel primo caso si avrà

$$\rho = \frac{fc}{r^3}\sqrt{4 + (4\omega)^2};$$

nel secondo sarà

$$\rho = \frac{fc}{r^3}\sqrt{1 - 3\omega^2}.$$

Gli incrementi e decrementi dell' intensità sul globo sono analoghi a quelli dell' inclinazione. Se si trascura anche il quadrato di ω, il rapporto fra le intensità all' equatore ed al polo sarà come uno a due. Per rappresentare l' intensità stessa in luoghi intermedii nell' ipotesi di $\omega = 0$, si è adottato generalmente di esprimerla per l' intensità che ha luogo all' equatore, assunta come unità di misura. Essa risulta in tal caso espressa semplicemente da

$$\rho = \sqrt{1 + 3\cos.^2\xi}. \quad (23)$$

Digitized by Google

Volendosi ritenere l'espressione generale, che è esatta entro le quarte potenze di ω, converrà su questa costante incognita, o fare un' ipotesi, o ritenere il valore determinato dalla formola (21) appoggiata all' osservazione. Nel primo caso, se si suppone $\omega = \frac{1}{4}$, il valore dell' intensità all' equatore risulterà $= 0{,}8125 \frac{fc}{r^3}$. L' intensità quindi di un luogo qualunque di collatitudine magnetica ξ, assunta per unità quella all' equatore, sarà espressa da

$$\rho = V \left\{ 1 + 3{,}23 \cos.^2 \xi + 1{,}923 \cos.^4 \xi \right\} \qquad (24)$$

Da questa ipotesi risulta, che l' intensità al polo è due volte e mezzo circa quella all' equatore, ossia $= 2{,}48$.

Vediamo ora come in un luogo fisso del globo l' intensità cambi, variando il tempo. Se nell' equazione (22) si immagina l' arco ξ dato dalla formola (9), ed espresso in funzione del tempo, ritenuta costante la collatitudine geografica z, si vedrà che al crescere di t contato, come già si è detto, dal passaggio del polo pel meridiano superiore, la collatitudine magnetica crescerà di valore; quindi diminuirà il valore di cos. ξ dall' epoca in cui è $mt = 0$, a quella in cui sarà $mt = 180^0$, ove assumerà un valore *minimum*. Da quest' ultima a quella in cui sarà $mt = 360^0$, cos. ξ andrà crescendo, e diventerà di nuovo massimo a $t = 0$. L' intensità ρ subirà un analogo decremento nel primo intervallo da $t = 0$ a $t = \frac{180^0}{m}$, ed un successivo incremento nell' intervallo da $t = \frac{180^0}{m}$ a $t = 0$. Il massimo valore dell' intensità deve avverarsi al passaggio del polo pel meridiano superiore; deve in seguito diminuire sino al passaggio pel meridiano inferiore.

Il diminuire o crescere dell' intensità in un dato luogo segue, rispetto al tempo, le stesse fasi di diminuzione o di incremento dell' inclinazione. Un andamento opposto dell' intensità deve avverarsi nel punto del globo discosto di 180^0 in longitudine da quello qui contemplato; ivi, cioè, il massimo valo-

Digitized by Google

re si dovrà verificare quando nel luogo surriferito si ha il minimo, e viceversa. Si dirà lo stesso delle fasi intermedie fra il massimo ed il minimo.

§. 4. *Discrepanze fra i risultati della precedente ipotesi, e quelli dell' osservazione.*

Confrontando fra loro i valori degli elementi magnetici risultanti dalle date formole applicate a differenti località, con quelli che realmente si osservano sulla terra, non si trova modo di ottenere un plausibile accordo. Lo stesso si dirà della loro variabilità rispetto al tempo, la quale sembrerebbe a prima giunta potersi conciliare coll' osservazione, quando si ammettesse che la corrente solare si compia nella stessa direzione della corrente tellurica, nel qual caso il moto secolare del polo magnetico boreale si compirebbe da ovest ad est, e spiegherebbe i fenomeni osservati nelle principali stazioni d' Europa. Ma quest' accordo è solo parziale, non potendo valere per l' intera superficie del globo.

Nei seguenti paragrafi si mostrerà come in ciascuno dei tre elementi la variabilità loro, rispetto al luogo e rispetto al tempo, non è soggetta a quella legge di continuità, che si avrebbe dall' esistenza di un solo asse magnetico mobile intorno all' asse terrestre.

§. 5. *Disaccordo rispetto alla declinazione.*

Nel §. 1°. si è detto, dovere i meridiani magnetici convergere, in un' epoca fissa, ai due poli apparenti. Ma dalle discussioni istituite dal capitano Duperrey risulta, che tale convergenza verso un unico punto non si verifica. Che anzi tracciando sul globo i meridiani magnetici che hanno luogo alla stessa ora di ciascun luogo, per averne la posizione media, e considerando la serie di intersezioni che formano verso il polo due successivi meridiani, questi punti costituiscono una curva rinchiusa, entro la quale si deve ritenere situato il polo apparente magnetico, da lui presunto unico.

Si è pure avvertito, che i valori della declinazione compe-

Digitized by Google

tenti ai punti del cerchio massimo della terra discosto dai poli magnetici di 90°, dovrebbero verificare l'equazione (15). Ciò non è pure d'accordo coll'osservazione, come non lo è relativamente ai valori che in altri punti si caverebbero dall'equazione (6).

Si è detto inoltre, che non potrebbe esistere sul globo che una sola linea di declinazione nulla, coincidente col cerchio massimo che passa pei poli terrestri e magnetici. Dall'osservazioni di Hansteen risulta invece, che ne esistono due, omai poste fuor di dubbio. Le linee isogone che, nella assunta ipotesi, formerebbero, come si è detto, due sistemi omologhi in due emisferi orientale ed occidentale, separati dal cerchio di declinazione nulla, sono ben lungi dal presentare una tale simmetria.

In quanto alle variazioni secolari di questo elemento, si potrebbe credere a primo aspetto ad un plausibile accordo fra la teoria e l'osservazione. Infatti dalla tavola delle inclinazioni osservate a Parigi, quali trovansi registrate nel tomo I, pag. 405 dell'opera del sig. Pouillet (*Éléments de Physique, etc.* Paris, 1853), si rileva che nel 1580 la declinazione era all'oriente di quel meridiano per $11^{\circ}\frac{1}{2}$. L'amplitudine orientale andò continuamente diminuendo sino al 1663, in cui la declinazione fu nulla. Da quest'epoca divenne occidentale, con un progressivo aumento sino al 1814, in cui si trovò nella sua massima elongazione all'occidente, che fu di 22°. 34'. Quivi mostrò una specie di stazionarietà, quale appunto competerebbe al moto di un polo magnetico giunto all'estremità occidentale del suo cerchio polare. Assunse poscia un moto retrogrado verso il meridiano sino al 1851, in cui risultò di 20°. 25'. La declinazione fu nulla nel 1656 a Copenhagen, posto all'est di Parigi di 10°. 14'; fu nulla quindi a Parigi nel 1663; fu nulla a Londra nel 1667, come trovasi a pag. 223 del III vol. del *Traité d'électricité* del sig. De-la-Rive. Divenne in seguito nulla la declinazione nei successivi meridiani dell'Oceano Atlantico e dell'America, per trovarsi attualmente nulla nelle vicinanze del meridiano di Filadelfia. Questo andamento secolare della declinazione nulla, sembrerebbe indicare che l'ago magnetico segue il moto di un polo, che, nella direzione da est ad ovest percorrendo un cer-

Digitized by Google

chio intorno al polo geografico, va ad occupare i successivi meridiani occidentali. Ma quest'accordo non deve ritenersi che come l'effetto di una causa, la quale soltanto nelle descritte località e nell'intervallo dell'accennata epoca produce fenomeni che sono parzialmente in armonia con quelli che risulterebbero dal presunto moto di un unico polo. Infatti l'esistenza constatata di due linee di declinazione nulla sul globo in una stessa epoca, mostra per sè che tali variazioni secolari non ponno andar soggette a quella legge di continuità, sia rispetto al luogo, sia rispetto al tempo, che dovrebbe avverarsi dietro quanto si è stabilito nel § 1.°, e si oppone a un accordo progressivo su altri meridiani ed in epoche successive.

§ 6. *Disaccordo rispetto all'inclinazione.*

Non meno manifesta si presenta la discrepanza fra l'ipotesi e l'osservazione rispetto a questo elemento. Infatti, se per un'epoca fissa si assume per polo magnetico o l'uno o l'altro dei punti in cui fu trovata massima l'intensità, l'inclinazione dovrebbe ivi avere il valore di 90°, ciò che non si verifica punto. Abbandonati questi due luoghi, se si assume invece per polo quel punto trovato dal capitano Ross in cui l'ago è verticale, ed assunto pure dal capitano Duperrey, l'intensità dovrebbe ivi mostrarsi un *maximum*, ciò che in fatto non si verifica. Inoltre se, rispetto a questo presunto polo, si determina per un luogo del nostro emisfero di nota inclinazione, la costante ω che entra nella formola (19), e si calcolino quindi per diversi luoghi di collatitudine ξ i valori dell'inclinazione, non si trova un accordo fra questi valori calcolati e quelli desunti dall'osservazione. Nè tale divario può esser tolto col supporre sferoidica la terra, ossia coll'introdurre pel raggio terrestre, che entra in ω, la sua espressione in funzione della latitudine.

Si è veduto eziandio, dover essere nulla l'inclinazione su tutti i punti del cerchio massimo distante 90° dal supposto polo magnetico; ma tale risultato è contradetto dal fatto, giacchè la linea dell'inclinazione zero fu trovata essere una curva a doppia curvatura, e presentare sinuosità dall'una e dall'altra parte del cerchio massimo in discorso. Finalmente, assumendo un qua-

Digitized by Google

lunque parallelo terrestre del nostro emisfero, o meglio un parallelo magnetico relativo al supposto polo che, secondo la teoria, dovrebbe rappresentare una linea d'eguale inclinazione od isoclina, presenta invece valori diversi. Vi si incontrano due massimi e due minimi alternativi, fra i quali intervalli si può scegliere un sistema di quattro punti d'inclinazione eguale. Se dall'una e dall'altra parte di questo parallelo si cerca la serie dei punti che godono d'inclinazioni eguali fra loro, ed eguali ai quattro accennati punti, si osserva che questa linea serpeggiante, passando pei quattro stabiliti punti, forma quattro sinuosità alternativamente dall'una e dall'altra parte del designato parallelo, ed un'analoga curva isoclina si manifesta in ciascun parallelo dei due emisferi. Questa doppia curvatura diventa sempre più sensibile quanto più il parallelo trovasi in una collatitudine magnetica minore, ossia quanto più i paralleli vanno restringendosi verso il polo, nella cui prossimità costituisce una specie di ovale.

Provato così il disaccordo rispetto al cambiamento di posizione dell'ago sul globo, potrebbe sembrare ad alcuno esistere almeno un accordo fra le variazioni secolari nell'ipotesi di un solo polo mobile e quelle date dalle osservazioni. Infatti dalla tavola delle inclinazioni osservate a Parigi, e riferite a pag. 409 della citata opera di Pouillet, risulterebbe che, ritenute pur anche le osservazioni anteriori al 1798, comunque eseguite con metodi grossolani, l'inclinazione andò sempre diminuendo dal 1671, epoca posteriore al presunto passaggio del polo apparente pel meridiano superiore sino al 1851, epoca in cui la declinazione media, dopo aver raggiunta la massima amplitudine occidentale, aveva già un moto retrogrado verso il meridiano. Le osservazioni istituite a Londra e riferite da Gilpin nelle *Transazioni filosofiche* del 1806, attestano pur esse la diminuzione progressiva di quest'elemento, avvenuta dal 1786, epoca posteriore al passaggio dell'ideato polo magnetico per quel meridiano, al 1805; nel qual periodo l'inclinazione passò da 72°. 5' a 70°. 21'. A Bruxelles nell'intervallo fra il 1827 al 1854 passò da 68°. 56' a 67°. 45'. Questa diminuzione venne pur segnalata a Cristiania, Berlino, Pietroburgo, Torino e Milano. Ma quest'accordo parziale, ed in così ristretto spazio, altro non significa se non

Digitized by Google

che la vera causa efficiente ha un processo, il quale soltanto rispetto agli indicati luoghi ed entro gli accennati intervalli di tempo ha un'analogia con quello del moto di un unico asse magnetico. La continuità della legge che manca nel fenomeno analogo, manifestato dalle declinazioni, deve di necessità mancare in quello delle inclinazioni; giacchè le variazioni secolari di questi due elementi sono fra loro legate da uno stesso principio, cioè dipendenti, entrambe da uno stesso moto che si decompone in due, l'uno nel senso della declinazione, l'altro in quello dell'inclinazione.

§ 7. *Disaccordo rispetto all'intensità.*

Qui pure la discrepanza fra la teoria e la realtà si fa ancor più sensibile, quantunque le osservazioni di questo elemento eseguite con metodi precisi non datino che dal 1835, epoca in cui fu da Gauss esposto il processo per determinare in misura assoluta il valore dell'intensità, variabile pur essa e rispetto al luogo e rispetto al tempo. L'ipotesi di un solo asse magnetico conduce alla necessaria conseguenza, che ai due poli dovrebbe l'intensità avere un valore massimo ed eguale in entrambi. Laddove il fatto dimostra che esistono sul globo due massimi per ciascun emisfero, ciò che di per sè basterebbe a rendere insussistente l'ipotesi di un solo anello rotante. Vi è di più: l'intensità dovrebbe mostrarsi costante, come si è detto, su tutti i punti del supposto equatore magnetico, e presentare un valore di circa la metà di quello che si manifesta ai poli. Dovrebbe essa crescere al diminuire della collatitudine magnetica, seguendo la legge indicata dalla formola (22): dovrebbe inoltre essere costante su ciascun punto di uno stesso parallelo magnetico. Per quanto si ricorra ad un cambiamento nella distanza dei centri, o si introduca nel rapporto ω la varietà del raggio terrestre dipendente dalla figura sferoidica della terra, non si giungerà che grossolanamente a render d'accordo i valori desunti dalle formole con quelli dati dall'osservazione. Risulta infatti dall'ispezione delle linee isodinamiche, che sopra ciascun parallelo è variabile questo elemento; che su di esso trovansi, come accade all'inclinazione, due valori massimi e due minimi

Digitized by Google

alternativi, i quali lo dividono in quattro segmenti. Se negli intervalli fra i massimi ed i minimi, si scelgono quattro punti di eguale intensità fra loro, e si cerca dall'una e dall'altra parte del segnalato parallelo la serie dei punti che hanno comune con quelli il valore dell'intensità, si vedrà che una tal serie costituisce una curva serpeggiante, con quattro inflessioni o sinuosità, poste alternativamente dall'una e dall'altra parte del fissato parallelo. Queste inflessioni appajono più risentite di quelle delle analoghe curve isocline, e sempre meno pronunciate quanto più il parallelo trovasi vicino all'equatore. Ne deriva che, a poca distanza dai poli, i punti della citata linea isodinamica rivolti al polo vanno sempre più avvicinandosi fra loro, sino ad unirsi in modo da convertir questa linea serpeggiante in una specie di lemniscata racchiudente due aree disuguali, entro le quali la serie dei punti di eguale intensità costituisce altrettante ovali intorno a due punti separati, che sembrano preconizzarvi l'esistenza di due centri di forze diversamente intense. Il sig. Hauseen sostiene inoltre, che i massimi e minimi dell'intensità esistenti in ciascun parallelo trovansi sugli stessi meridiani ove esistono gli analoghi massimi e minimi dell'inclinazione.

La variabilità di questo elemento rispetto al tempo, che, secondo l'ipotesi di un solo asse magnetico, dovrebbe comportarsi nel modo indicato al § 3, ossia, durante il moto secolare del polo, seguire fasi analoghe a quelle cui è soggetta la variazione secolare dell'inclinazione, non può trovare un confronto con quella che sarebbe da desumersi dall'immediata osservazione. Dall'epoca in cui si è sottoposta l'intensità ad una misura assoluta, sino ai nostri giorni, trovasi un intervallo di tempo troppo ristretto per potere dedurre se, come nelle variazioni secolari dei due già discussi elementi, esista un accordo comunque parziale o temporaneo. Il solo accordo che può ritenersi esistente si è quello fra il risultato dell'espressione (22), che indica una diminuzione d'intensità al crescere della distanza dell'ago esploratore dal centro della terra, e quello avveratosi da osservazioni eseguite a grandi altitudini, sia nelle ascensioni areostatiche, sia sopra elevati monti, quando però si abbia cura di introdurre nei risultati la rilevante correzione dipendente dall'abbassamento di temperatura in quelle elevate regioni.

Digitized by Google

I reali fenomeni sopra menzionati essendo inconciliabili coll'esistenza di un solo asse magnetico, fanno già, coll'andamento sinuoso delle linee isocline ed isodinamiche, presentire la necessità di ricorrere per la loro spiegazione a due anelli rotanti, i cui assi, fra loro inclinati, sarebbero diretti a due poli apparenti, posti in ciascun emisfero.

Articolo III.

Sistema di due anelli, ed ulteriori modificazioni.

L'ipotesi di due poli magnetici apparenti, situati alle estremità dell'asse di un solo anello rotante, essendo insufficiente a spiegare i fenomeni che il magnetismo terrestre esterna alla superficie del globo sui tre elementi, sia rispetto al cambiamento di luogo, sia rispetto alle variazioni secolari, vediamo come coll'introduzione di un secondo anello, ossia come coll'ipotesi di due assi magnetici, si possano rappresentar più davvicino i fenomeni della natura. L'opinione dell'esistenza di due poli magnetici in ciascun emisfero fu pel primo emessa e difesa già da gran tempo dall'astronomo Halley, ed in seguito validamente sostenuta da Hauseen in Norvegia, e dal generale Sabine in Inghilterra.

§. 1. *Asse canadense.*

L'anello elettrico, in cui si è fatto parola indietro, circoli da est ad ovest nella crosta solida del globo, entro la quale, o possa liberamente cambiar di posizione senza subire rilevante ostacolo dalla massa materiale, ovvero sia obbligato a rimanere fisso nei filamenti conduttori per cui scorre, invariabilmente legati alla restante massa, ovvero venga surrogato da tante correnti molecolari parallele, obbligate a rimanere ciascuna entro i confini della propria molecola. Sia quest'anello inclinato all'equatore terrestre in modo, che il suo asse prolungato incontri al nord il polo canadense, ed al sud il corrispondente polo di intensità massima, posto al sud della Nuova Olanda.

Digitized by Google

Adottiamo qui una coincidenza fra l'estremità dell'asse dell'anello ed il punto di massima intensità, soltanto per fissare provvisoriamente l'attenzione sopra un punto noto e determinato del globo. Ciò dovrà valere anche rispetto alla posizione dell'asse dell'altro anello, di cui si parlerà nel paragrafo seguente; del resto, la rettificazione delle qui adottate posizioni formerà il soggetto dell'ultimo paragrafo.

Questi poli, che sono i più energici sul globo, comunque di intensità un po' diseguale, saranno contrassegnati rispettivamente colle lettere B, A. La loro intensità che si manifesta alla superficie dipende da quella dei due centri d'azione C, C', di cui si è parlato indietro, e che noi supponiamo dotati di forza eguale. Sebbene i poli apparenti B, A non siano diametrali, pure non discostandosi che poco da questa posizione, noi li supporremo tali per una prima approssimazione, salvo ulteriori rettificazioni. Se questi esistessero soli sul globo, i tre elementi magnetici v, i, ρ sarebbero dati dalle formole dell'articolo precedente ove $\omega = \frac{C\,C'}{2\,r}$ sarebbe la distanza del polo canadense dal polo geografico, e λ la sua longitudine contata dal meridiano del luogo di collatitudine geografica z, essendo inoltre ξ la collatitudine magnetica del luogo, ed f la forza comune emanante dai centri d'azione C, C'.

§. 2. *Asse siberiano*

Le esperienze istituite dal sig. Hopkins sopra porzioni di materia terrestre in istato di fusione ignea, sottoposte ad alta pressione, conducono inevitabilmente alla conclusione, che nel centro della terra debba trovarsi un nucleo solido, circondato da materia fluida incandescente, che si estende sino alla superficie interna della crosta terrestre. Noi supponiamo che qui pure esista un anello elettrico, rotante esso stesso da est ad ovest nella massa di questo nucleo sferico, sia che egli possa liberamente muoversi in esso, sia che venga impedito dal cambiar posizione, sia anche che venga surrogato da tante correnti molecolari legate colla restante massa. Vedremo come il fenomeno della precessione e nutazione magnetica abbia pur luogo

Digitized by Google

in questi diversi casi. L'anello in discorso sia inclinato all'equatore terrestre in modo, che il suo asse prolungato incontri al nord il polo siberiano, ed al sud l'altro polo di massima intensità, che trovasi al sud della Terra del Fuoco. Siano questi poli indicati rispettivamente colle lettere b, a. La loro intensità dipende dalla forza che emana da due centri d'azione posti sull'asse e poco discosti dal centro terrestre. Li indichiamo con S, S'. I punti b, a non sono nemmen essi diametrali, ma discostandosi poco da questa posizione, li assumiamo come posti in linea diretta fra loro. Se esistesse sulla terra quest'unico asse, i tre elementi magnetici che, per distinguerli dagli altri, indico con v' i', ρ', sarebbero determinati dalle citate formole dell'articolo precedente, ove pongasi un apice alle analoghe quantità in esse comprese, sostituendo cioè alle ω, ϖ, $\lambda = mt$, ξ, f, le ω', ϖ', $\lambda' = m't$, ξ', f'.

§ 3. *Sistema dei due assi agenti contemporaneamente.*

Supposta l'azione contemporanea di questi due assi, la questione si riduce a determinare l'espressione analitica dei tre elementi magnetici, che in tale ipotesi verranno contrassegnati colle lettere majuscole V, I, F, nella supposizione che l'ago magnetico sia soggetto all'azione contemporanea dei quattro centri C, C', S, S', ossia all'azione di due coppie distinte di centri, e tali che da C, C' emani una forza comune f, e dai centri S, S' un'altra forza f'

Se si assumono positive le declinazioni v, v' quando sono occidentali, e negative quando orientali, la declinazione V in un luogo di collatitudine geografica z, risultante dall'azione complessiva dei quattro centri, è data dall'espressione seguente, che si ottiene con un calcolo assai semplice:

$$\text{tang. V} = \frac{p \text{ sin. } v \text{ cos. } i + \text{sin. } v' \text{ cos. } i'}{p \text{ cos. } v \text{ cos. } i + \text{cos. } v' \text{ cos. } i'} ; \qquad (25)$$

e l'inclinazione I è rappresentata dalla equazione

$$\text{tang. I} = \frac{p \text{ sin. } i + \text{sin. } i'}{p \text{ cos. } i \text{ cos. } v + \text{cos. } i' \text{ cos. } v} \text{ cos. V} . \qquad (26)$$

Digitized by Google

Il rapporto poi fra le due intensità F, ρ' si ottiene dalla formola

$$F = \rho' \left\{ \begin{matrix} (p \cos. i \cos. v + \cos. i' \cos. v')^2 \\ + (p \cos. i \sin. v + \cos. i' \sin. v')^2 \\ + (p \sin. i + \sin. i')^2 \end{matrix} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (27)$$

In queste formole la p è eguale al rapporto dell'intensità ρ, ρ', e nell'ipotesi che il rapporto delle forze centrali f, f' sia nel nostro emisfero eguale al rapporto delle intensità ρ, ρ' che hanno luogo ai due poli apparenti canadense e siberiano, la quantità p sarà espressa da

$$p = 1{,}07 \frac{\omega}{\omega'} \sqrt{\left\{ \frac{1 + 3\cos.^2\xi + \omega^2 [\cos.^2\xi (25\cos.^2\xi - 6) - 3]}{1 + 3\cos.^2\xi' + \omega'^2 [\cos.^2\xi' (25\cos.^2\xi' - 6) - 3]} \right\}} \quad (28)$$

I valori di v ed i, contenuti in queste formole, si dedurranno da quelli dell'articolo precedente, quali derivano dall'azione dell'asse canadense come se esistesse solo, e quelli di v', i' si dedurranno dalle stesse formole, applicati gli apici alle quantità che sono relative all'azione e posizione dell'asse siberiano, fatta astrazione dell'esistenza del canadense. Le quantità costanti ω, ω', che entrano nelle citate formole, potranno essere determinate col mezzo di due osservazioni dell'inclinazione media I, istituite con cura in due punti del globo di nota posizione, ed alquanto fra loro discosti. A questo scopo, col mezzo della equazione (6), in cui saranno note le quantità ϖ, λ, z, ϖ', λ' relative a ciascuno degli indicati luoghi, si otterranno i valori di v, v', e col mezzo della formola (9), quelli di ξ, ξ'. Nella espressione (19) risulteranno quindi determinati i valori di i, i' per ciascuno dei punti designati. Questi valori si pongano nell'equazione (26), ove la p sarà determinata dall'espressione (28), postivi i trovati valori di ξ, ξ'. Si avranno così due equazioni relative ai due valori osservati dell'inclinazione, colle quali verranno determinate le costanti incognite ω, ω'. Conosciuta la grandezza di queste incognite, le formole (25), (26), (27) potranno verificarsi *a posteriori*, nel modo seguente:

Digitized by Google

§. 4. *Applicazione e verificazione delle formole.*

Sopra una linea isogona di nota posizione si scelgano alcuni punti, di cui si conosca la posizione geografica. Per ciascun d'essi, come nel caso precedente, risulteranno note, per mezzo delle equazioni (6), (9), le quantità v, v', ξ, ξ'. Col mezzo delle formole (28), (26) risulteranno note le quantità p, i, i'. I valori di V, determinati colla formola (25) applicata ai diversi punti, scelti sulla designata linea isogona, dovranno risultare eguali al valore che compete alla fissata linea isogona. Parimenti i valori I ed F dell'inclinazione e dell'intensità risultanti dalle rispettive formole (26) e (27), corrispondenti ai diversi punti noti sopra una stessa linea isoclina o sopra una stessa linea isodinamica, dovranno risultare fra loro rispettivamente eguali, e concordanti con quelli che competono alla rispettiva linea isoclina od isodinamica.

Nella determinazione dei tre elementi magnetici designati da V, I, F, le quantità v, i, v', i' figurano come le solite quantità ausiliarie di cui sovente si fa uso nell'analisi algebrica.

Il punto od i punti sulla terra in cui l'ago d'inclinazione dovrà apparire verticale, come in quello trovato dal capitano Ross, si otterranno nel seguente modo. Per un punto in cui l'ago è verticale, deve essere $I = 90°$, e la declinazione V presentarsi sotto forma indeterminata. Queste condizioni sono adempite col mezzo del sistema delle equazioni

$$\left.\begin{aligned} p \cos. v \cos. i + \cos. v' \cos. i' &= 0 \\ p \sin. v \cos. i + \sin. v' \cos. i' &= 0 \end{aligned}\right\} . \qquad (29)$$

In questa ricerca le quantità incognite da determinarsi sono la longitudine e la latitudine del punto in questione: o, ciò che è lo stesso, assumendo per meridiano fisso da cui contare le longitudini, quello che passa pel polo canadense, le quantità da determinarsi saranno λ e z. Siccome ad un'epoca fissa supponiamo note le posizioni dei due poli, canadense, e siberiano, così si conoscerà l'angolo (che pongo $= d$) compreso dai loro meridiani, onde sarà $\lambda + \lambda' = d$. Dalla formola (6) si

Digitized by Google

avrà quindi v, v' espressi per le incognite λ, z. Risulteranno in funzione delle stesse incognite, date pure colla formola (9), le quantità ξ, ξ'. Le quantità p, i, i' risulteranno similmente dalle formole (28), (29), espresse per le stesse quantità λ, z.

Posti pertanto gli ottenuti valori di v, v', p, i, i' nelle equazioni (29) si dovranno da queste cavare i valori di λ, z, da cui dipende la posizione del cercato punto sul globo.

Se all'incontro si parte dalla posizione di questo punto, altrimenti nota dietro la determinazione data dal capitano Ross per l'epoca del 1830, a cui tutto si deve allora riferire, si avrà il mezzo di verificare *a posteriori* la legittimità delle indicate formole.

Le equazioni (25), (26), (27), espresse, come si è indicato sopra, in funzione delle sole variabili λ, z, e delle note costanti, rappresentano rispettivamente tre linee, isogona, isoclina ed isodinamica, secondo i valori di V, I, F che si vorranno sostituire per esse nei primi membri. Queste formole rappresentano altrettante equazioni a coordinate polari, di cui una è l'angolo variabile λ, e l'altra è il raggio vettore determinato dall'arco z.

Così in particolare l'equazione

$$p \text{ sin. } v \text{ cos. } i + \text{sin. } v' \text{ cos. } i' = 0, \qquad (30)$$

che risulta dall'espressione (25), in cui si ponga $V = 0$ espressa che sia per le sole variabili λ, z, rappresenterà l'equazione polare della linea o delle linee isogone di declinazione nulla.

Parimenti l'equazione

$$p \text{ sin. } i + \text{sin. } i' = 0, \qquad (31)$$

che risulta dalla formola (26) fattovi $I = 0$, ed espressa in funzione delle sole variabili λ, z, rappresenterà la linea isoclina d'inclicazione nulla, che dicesi equatore magnetico.

Lo stesso si dirà rispetto all'equazione risultante dalla (27), espressa pure in funzione di λ, z, che sarà atta a rappresentare la linea isodinamica d'intensità minima, quando il valor minimo costante su tutta la linea da sostituirsi per F sia al-

Digitized by Google

trimenti cognito, o per immediata osservazione, o col calcolo dei valori di λ, ε, che rendono minima la F.

Essendo già esperimentalmente note le posizioni ed i relativi valori competenti ai diversi punti di queste linee, si potrà su ciascuna di esse eseguire con maggior speditezza la verificazione delle esposte equazioni.

Dovrebbe riuscire di qualche interesse la determinazione dei tre elementi magnetici nei punti del cerchio massimo che passa per gli anzidetti poli di massima intensità, come pure in quelli posti sul cerchio normale al precedente, e passante pel mezzo della distanza dei due poli, canadense e siberiano.

Osserveremo intanto, che se, colle posizioni note dei due accennati poli, si determina colla formola (27) quale dovrebbe essere in questi punti il valore dell'intensità F o del suo rapporto con ρ', si vede che esso appare maggiore di quello che si otterrebbe quando l'un d'essi esistesse senza l'altro. Ciò è ben naturale, in quanto l'ago esploratore risente l'azione di entrambi i poli, i quali si influenzano reciprocamente.

Il fenomeno, che l'osservazione presenta, della disuguaglianza d'intensità fra i poli australi ed i corrispondenti poli boreali, trova pure una naturale spiegazione. Ciò deriva, come diremo in seguito, dal non essere posti diametralmente i poli sull'asse canadense e sull'asse siberiano. Questi assi non sono rettilinei, come noi abbiamo supposto, ma sono fatti a gomito nel centro terrestre, da cui dobbiamo immaginare che partano due semiassi, diretti l'uno al polo canadense, l'altro al punto che nell'emisfero australe mostra la massima intensità, e facenti fra loro un angolo di 160°, mentre altri due semi-assi angolari, terminanti l'uno al polo siberiano, l'altro al punto che nell'emisfero sud ha una intensità massima inferiore, sottendono un angolo di 150°. La distanza fra i due poli boreali, misurata sul cerchio massimo che li separa, è di 54°, mentre quella fra i due poli australi è di soli 42°. L'influenza reciproca dei due poli australi, fra loro più vicini, è maggiore di quella dei boreali, fra loro più lontani.

Si è già avvertito che le declinazioni v, v', si devono assumere positive o negative, secondo che i poli B, b, si trovano all'occidente od all'oriente del meridiano del luogo al quale si

Digitized by Google

vogliono applicare le formole. Nelle stazioni magnetiche delle principali città d'Europa dovrà assumersi positiva la declinazione v, e negativa la v'.

In questo caso una verificazione delle formole (25), (26), (27) si ha col supporre nelle dette stazioni annullata successivamente l'azione or dell'uno or dell'altro dei due poli B, b. Così, per esempio, risostituendo nella espressione (25) alla quantità p il suo rapporto $\rho : \rho'$, indi supposto annullato il polo siberiano, per cui si ha $f' = 0$, donde risulta pure $\rho' = 0$, si ottiene tang. V = tang. v, ossia V = v. Se si sopprime invece il polo canadense, la stessa formola (25) in cui pongasi $-v'$ in luogo di v, per la ragione detta sopra, e fattovi $f = 0$ ossia $\rho = 0$ si riduce a tang. V. = tang. $(-v')$, ossia a $V = -v'$. Si avrà poi, pel caso di $\rho' = 0$, tang. $I = \frac{\text{cos. V.}}{\text{cos. } v}$ tang. i, ossia, per essere in tal caso $V = v$, sarà $I = i$, e pel caso di $\rho = 0$ risulterà tang. $I = \frac{\text{cos. V}}{\text{cos. } v'}$ tang. i', da cui, per essere $V = -v'$, risulterà ancora $I = i'$, come deve essere. Inoltre, posto nella formola (27) il valore di $p = \rho : \rho'$, e $-v'$ in luogo di v', si avrà

$$\begin{aligned} F^2 = {} & (\rho \text{ cos. } i \text{ cos. } v + \rho' \text{ cos. } i' \text{ cos. } v')^2 \cdot \\ & + (\rho \text{ cos. } i \text{ sin. } v - \rho' \text{ cos. } i' \text{ sin. } v')^2 \\ & + (\rho \text{ sin. } i + \rho' \text{ sin. } i')^2. \end{aligned} \qquad (32)$$

La quale per $\rho' = 0$, dà $F = \rho$, come era da aspettarsi; ossia fornisce l'intensità dovuta al solo polo canadense; e per $\rho = 0$, dà $F = \rho'$, che è l'intensità del solo polo siberiano.

§. 5. *Variazioni secolari dipendenti dalla precessione dei due anelli tellurici.*

La zona elettrica circolante nella massa solare da ovest ad est, come nel § 2 dell'articolo 1.° si è supposto, eserciterà la sua influenza sopra ambedue gli anelli tellurici, de' quali l'uno rotante da est ad ovest nella crosta terrestre, dà origine all'asse canadense; l'altro, rotante nel nucleo pure da est ad ovest, dà

Digitized by Google

origine all'asse siberiano. L'effetto di questa azione solare si riduce ad una precessione e nutazione magnetica di questi assi, dirette nello stesso senso in entrambi. I poli apparenti, canadense e siberiano, si moveranno di moto secolare, entrambi da ovest ad est, mentre i corrispondenti poli australi procederanno in direzione contraria.

Se il piano dell'anello della crosta fosse affatto libero di muoversi nell'interno della massa, il moto del polo canadense avrebbe dovuto rendersi sensibile sulla superficie del globo dopo un certo numero di anni. Ma dalle osservazioni antiche paragonate colle moderne è da presumersi, che un tal polo è presso che stazionario, od almeno soggetto ad un lentissimo spostamento. È lecito inferire da ciò, che le correnti del relativo anello, o sono vincolate, in filamenti da cui non possono separarsi, o si riducono a tante correnti molecolari, obbligate a rimanere fisse entro i confini di ciascuna molecola. L'azione solare eserciterà egualmente su di esse uno sforzo diretto ad un cambiamento del piano comune dell'anello, il quale, siccome vincolato dalle molecole ponderabili, tenderà per reazione a produrre un moto di rotazione della massa totale a cui è legato. L'ostacolo che il momento d'inerzia di una massa così grande vi oppone, ralenterà l'effetto dell'azione solare, ed accadrà ciò che vedesi avverato nel lentissimo spostamento del menisco equatoriale della terra, che, soggetto direttamente all'azione solare, è obbligato a strascinar seco la restante massa sferica, colla quale è legato invariabilmente. Ma supposto pure che, per effetto della precessione magnetica, la rotazione della crosta terrestre risultasse assai grande, non sarebbe dessa per questo sensibile sul moto del polo in questione. Infatti l'effetto di tale precessione riducendosi ad una rotazione dell'intera crosta intorno all'asse terrestre, nello stesso senso del moto diurno, si ridurrebbe il fenomeno ad un aumento di velocità nella rotazione terrestre; rimanendo quindi costante la posizione di un tal polo rispetto ad un ago magnetico posto comunque sulla superficie della crosta stessa, l'effetto della precessione si confonderebbe col moto diurno, e risulterebbe apparentemente nullo.

La stessa conseguenza non può dedursi rispetto all'anello rotante intorno al nucleo centrale, sia che questo si consideri

Digitized by Google

libero, sia che si riguardi vincolato alla massa, e dal cui moto dipende quello dell' asse siberiano, purchè si ammetta che, tanto nell' uno che nell' altro caso, l' effetto della precessione su di esso sia assai più rilevante di quello che si esterna sull' asse canadense, ritenuto che l' originaria velocità di rotazione sia comune alla crosta ed al nucleo. Ciò è consentaneo a quanto si è di già avvertito. Le correnti, vincolate in filamenti o ristrette nella sfera delle molecole, esercitano qui una reazione sopra una massa assai minore, affatto libera ed indipendente dalla crosta e dal fluido igneo che la circonda. La precessione avrà per effetto una rotazione del nucleo sensibilmente maggiore di quella della crosta. La differenza delle due precessioni potrà in tal caso essere sensibile. In forza di questa, il polo siberiano al nord, ed il suo corrispondente al sud, appariranno moversi sensibilmente sulla superficie della crosta solida del globo, l' uno in senso contrario all' altro. L' ago magnetico risentirà quindi gli effetti di questo moto, e non risentirà l' effetto della precessione dell' asse canadense, in quanto il relativo polo apparirà come fisso rispetto all' ago, od almeno di pochissimo traslocato.

Per semplicità, riterremo immobile l' asse canadense, e variabile il siberiano, ai cui moti secolari dovranno corrispondere analoghi moti nei tre elementi magnetici. A questo intento si dovrà, nelle loro espressioni date al §. 3°, introdurre in luogo di λ' il suo valore $m' t$, e conservare costante λ. Quindi le quantità v, ξ, i, ϖ, ϖ' risulteranno costanti rispetto al tempo, e saranno variabili soltanto le v', ξ', i'.

Non ammettiamo per ora una variabilità rispetto al tempo nelle forze centrali f, f', che riguardiamo come costanti.

Le linee isogone, isocline ed isodinamiche, rappresentate dalle tre equazioni (25), (26), (27) a coordinate polari, subiranno col tempo un cambiamento di figura e di posizione, ma conosciuto il moto dei poli, si potrà in ciascuna epoca determinata tracciare su un globo la loro variata configurazione (1).

(1) Per tracciare le indicate curve magnetiche corrispondenti all' epoca attuale, ho destinato un vecchio globo terrestre, del diametro di metri 0,44, appartenente alla nostra specola, sul quale, opportunamente restaura-

Digitized by Google

§. 6. *Paragone fra i risultati dell' osservazione e quelli della teoria.*

Volendosi dalle formole dedurre l' effetto sui tre elementi magnetici proveniente dal moto secolare del polo siberiano, per tentare un confronto coi risultati dell' osservazione, limiteremo questo paragone a quelle stazioni di Europa ove esistano antiche osservazioni, come a Parigi ed a Londra. A quest' oggetto supporremo che, alcuni anni dopo il 1663, il polo canadense rimanesse immobile all'ovest del meridiano di Parigi, ed il siberiano si trovasse all' est, nel quale intervallo di tempo la declinazione divenne occidentale. Si direbbe lo stesso rispetto a Londra ed all' altre stazioni per le quali sia nota l' epoca in cui la declinazione passò dall' emisfero orientale all' occidentale. La declinazione a Parigi andò sempre aumentando, mentre il polo mobile continuò il suo corso verso oriente. Per verificare se un tal risultato s' accorda con quello della formola (25), si dovrebbero calcolare i valori di v', i', ρ', corrispondenti alle diverse epoche, a seconda della posizione che il polo siberiano ha presa. Ma in quelle epoche remote il moto di questo polo non era abbastanza conosciuto, per poterne cavare un concludente risultato. Se d' altronde si rimette nella formola (25) per p il suo valore $\rho : \rho'$, e si cambia il segno a v', in quanto indica in questa supposizione una declinazione orientale, essa si riduce a

$$\text{tang. } V = \frac{\rho \text{ sin. } v \text{ cos. } i - \rho' \text{ sin. } v' \text{ cos. } i'}{\rho \text{ cos. } v \text{ cos. } i + \rho' \text{ cos. } v' \text{ cos. } i'} . \qquad (33)$$

La v' aumenta di valore a misura che il polo b diventa col tempo più orientale, mentre all' incontro scemano le quantità i', ρ'. Se il termine ρ' sin. v' cos. i', fatto dei due fattori ρ', sin. v' cos. i', di cui il primo diminuisce mentre il secondo aumenta, desse per risultato una progressiva diminuzio-

to, si potranno intuitivamente seguire le loro inflessioni e sinuosità, meglio che sulle carte, ove esse appajono deformate. Un altro globo dello stesso diametro servirà pel tracciamento delle linee isotermiche, idrografiche, geologiche ec.

Digitized by Google

ne la V sarebbe crescente di valore insieme con tang. V, e si avrebbe in tal caso un accordo coll'osservazione, cioè il moto dell'ago si farebbe in direzione contraria al moto del polo. Se ciò si avverasse, anche la formola (26), ridotta alla

$$\text{tang. I} = \frac{(\rho \text{ sin. } i + \rho' \text{ sin. } i') \text{ cos. V}}{\rho \text{ cos. } i \text{ cos. } v + \rho' \text{ cos. } i' \text{ cos. } v'}, \quad (34)$$

condurrebbe alla conclusione, che l'inclinazione I andò progressivamente diminuendo al muoversi del polo, come viene constatato dall'osservazione. Lo stesso accordo si verificherebbe rispetto all'intensità F. Non si potrebbe però conchiudere con sicurezza, che, a misura che il polo siberiano si allontana verso oriente, il polo canadense diventi così predominante, da indurre un aumento progressivo della V ed un decremento delle quantità I ed F, senza ammettere un moto d'avvicinamento alle designate stazioni del polo canadense; nè si saprebbe conciliare con questo predominio il fatto che, mentre la declinazione a Parigi andò sempre aumentando verso occidente sino al 1814, abbia assunto dopo quest'epoca un progressivo decremento, come se o l'uno o l'altro dei due poli avesse cambiato pure di direzione.

Per ora è lecito soltanto conchiudere che, comunque si muovano i poli, si potrà sempre immaginare, per ciascun punto del globo, un particolare asse fittizio con speciali centri d'azione H, H', da far le veci dei due realmente esistenti, ed al cui solo moto un ago magnetico affatto libero sia obbligato ad ubbidire. In tal caso l'estremità dell'ago stesso verrebbe a descrivere una curva più o meno regolare, a seconda dei diversi luoghi in cui si trova, stante che questi introducono nelle formole parametri diversi. Le variazioni secolari dei tre elementi saranno per tal motivo esse pure più o meno uniformi, a seconda della stazione dell'ago rispetto alla posizione dei poli apparenti.

E qui tornerebbe utile di esplorare le variazioni secolari nei punti del globo posti su quei due circoli massimi di cui si è parlato nel §. 4.

Anche altri punti possono a questo riguardo presentare

Digitized by Google

un interesse speciale. Così, per esempio, l' isola di S. Elena trovasi in uno di tali punti speciali del globo, in quanto giace presso a poco alla stessa distanza dai poli boreali B, *b*, come dagli australi A, *a*. Inoltre il cerchio massimo passante pel punto che divide l' arco intercetto fra i due poli boreali in ragione delle loro intensità, e che trovasi normale all' arco che li separa, passa appunto per quest' isola. Per tali circostanze, e per quella inoltre che il meridiano di S. Elena passa per mezzo allo spazio compreso fra i poli boreali, ed a quello compreso fra gli australi, dovrebbero le variazioni secolari offrire ivi maggior regolarità che in altri luoghi della terra.

§. 7. *Rettificazioni complementari all' esposta teoria.*

La supposizione fatta nei precedenti paragrafi, che gli assi dei due anelli tellurici, prolungati verso il nord, terminassero colle loro estremità ai punti di massima intensità B, *b*, non è consentanea allo stato reale della questione. I due anelli dovrebbero essere inclinati all' equatore in modo, che i loro assi prolungati al nord terminassero a due altri punti N, *n* del globo, in guisa da adempire alla condizione, che l' intensità F risultante dall' azione complessiva dei centri d' azione C, C', S, S', divenisse massima ai due punti B, *b*, ossia ai due poli noti, canadense e siberiano. Ma la posizione dei nuovi punti N, *n* è incognita. Trattasi quindi della opportuna determinazione di questi punti nell' emisfero boreale, in modo che la surriferita condizione sia adempita.

A questo scopo si supponga, che i punti ignoti N, *n* siano l' uno all' occidente, l' altro all' oriente di un meridiano fisso, per esempio, di quello di Parigi, a cui riferiremo le posizioni sia dei punti noti B, *b* che degli ignoti N, *n*, non che degli altri. Si immaginino due stazioni M_1, M_2, nell' emisfero nord, l'una all' occidente, l' altra all' oriente di Parigi. Siano β ed α le longitudini occidentali del polo N e del punto M_1, e β', α_1 le rispettive longitudioi orientali dei punti *n*, M_2. Si era già convenuto indietro, che λ, λ' rappresentassero gli angoli fra il meridiano del punto M di collatitudine *z* ed i meridiani dei poli B, *b*. Nel caso attuale essi rappresenteranno gli angoli che il

Digitized by Google

detto meridiano fa con quelli dei nuovi punti N, n. Chiamate λ_1, λ'_1, le quantità analoghe rispetto all'altra stazione M, di collatitudine z_1, si avrà

$$\lambda = \beta - \alpha; \quad \lambda' = \beta' + \alpha; \quad \lambda_1 = \beta + \alpha_1; \quad \lambda'_1 = \beta' - \alpha_1 \quad (35)$$

Indicando con ϕ, ϕ_1 le intensità magnetiche esistenti alle stazioni M, M_1, sostituendo nella formola (27) la ϕ alla F, e ponendo, per le quantità che in essa entrano, i loro valori, come si è fatto al §. 2, la ϕ diverrà una funzione delle quantità ω, ϖ, z, λ e delle analoghe ω', ϖ', z_1, λ'. Postovi quindi per λ, λ' le espressioni (35), l'intensità ϕ alla stazione M diverrà una funzione delle quantità ω, ω', ϖ, ϖ', β, β', α_1, α, z. Supponiamo che la posizione del punto M varii sulla superficie del nostro emisfero, rimanendo fisse le posizioni dei punti M_1, N, n. Fra le quantità che entrano in detta funzione le sole variabili saranno le z, α. Si porti ora il punto M in coincidenza col polo canadense; la ϕ diverrà allora un massimo, e dovranno avverarsi le due equazioni

$$\frac{d\phi}{dz} = 0 \qquad \frac{d\phi}{d\alpha} = 0. \quad (36)$$

Ritenuta ora fissa quest'ultima posizione di M, si applichi la formola (27) all'altra stazione M_1, col sostituire le lettere ϕ_1, z_1, λ_1, λ'_1, rispettivamente alle F, z, λ, λ'. La ϕ_1 diverrà poi in forza dei valori (35), una funzione di ω, ω', ϖ, ϖ', β, β_1, α, α_1, z_1. Facendo ora variare la posizione del punto M_1, rimanendo fisse le altre quantità, diverranno variabili le sole α_1, z_1. Se quindi si porta il punto M_1 in coincidenza col polo siberiano, ove pure esiste un massimo, dovranno avverarsi le due equazioni

$$\frac{d\phi_1}{dz_1} = 0 \qquad \frac{d\phi_1}{d\alpha_1} = 0. \quad (37)$$

Colle quattro equazioni (36), (37), dalle quali scompare la costante incognita f' e nelle quali le quantità z, α si riferiscono alla nota posizione del polo canadense, e le z_1, α_1 a quella del

Digitized by Google

polo siberiano, i cui relativi valori dovranno ad esse sostituirsi, si potranno determinare le quantità

$$\varpi,\ \varpi',\ \beta,\ \beta',$$

che rappresentano, le prime due le collatitudini, le seconde le longitudini dei nuovi poli che trattavasi di determinare.

Ma in queste formole si sono supposti noti i rapporti ω, ω', dietro la determinazione indicata al § (3). Quel metodo però è fondato sull'erronea supposizione, che le estremità degli assi coincidessero coi punti B, b, di massima intensità; laonde pel caso dei nuovi poli N, n tale determinazione diventa pur essa erronea. Si dovrà quindi ricorrer di nuovo alla formola (26), la quale fornirà due equazioni, l'una che risulta dal porre per I l'inclinazione osservata al polo canadense, per le quantità z, α quelle relative alla nota posizione di questo punto, e per λ, λ' i valori dati dalle espressioni (35); l'altra che risulta ponendo per I l'inclinazione che ha luogo al polo siberiano, introducendo nella (26) le quantità $z_{,}$, $\alpha_{,}$ relative alla sua nota posizione, ed avendo riguardo alle espressioni (35) da sostituirsi a $\lambda_{,}\lambda'_{,}$. Combinate queste due colle già trovate equazioni (36), (37), si avrà un sistema di sei equazioni, colle quali si otterranno i valori delle sei incognite

$$\omega,\ \omega',\ \varpi,\ \varpi',\ \beta,\ \beta'.$$

Ciò ottenuto, si potrà parimenti dedurre il moto secolare dei poli N, n dalla conoscenza del moto secolare dei punti di massima intensità, ossia dal conosciuto moto dei poli canadense e siberiano.

Coi valori sopra determinati delle incognite, riferibili a questa nuova posizione di assi, le formole date ne' precedenti paragrafi dovranno riguardarsi come relative, non più ai punti B, b, ma ai nuovi poli N, n. Così, in particolare, le quantità ω, ω' indicheranno le collatitudini dei poli N, n, e le λ, λ' le loro longitudini, contate dal meridiano del luogo a cui vogliono applicarsi le dette formole.

Se il processo qui seguito per la ricerca dei veri poli N, n

Digitized by Google

si applica alla determinazione degli analoghi poli nell'emisfero australe, assoggettata alla condizione che l'intensità F risultante dall'azione complessiva delle due coppie di centri d'azione debba divenire massima a punti noti, già designati con A, *a*, si troverebbe che questi nuovi punti, che indicherò con R, *r*, non risultano antipodi degli analoghi punti N, *n*. In fatti, se i due assi fossero rettilinei, sussistendo l'ipotesi, che dai centri d'azione C, C' emanino due forze *f* eguali e contrarie, come pure due altre forze *f'* eguali e contrarie emanino dai centri S, S', anche i punti di massima intensità nei due emisferi dovrebbero trovarsi a due a due in direzione rettilinea, ciò che è contraddetto dall'esperienza. Se quindi si tirasse dal centro della terra una retta al punto N, ed un'altra al punto R, questi due semiassi non sarebbero per diritto fra loro, e formerebbero un asse angolare. Lo stesso si direbbe dei due semiassi che dal centro terrestre si conducessero ai punti *n*, *r*. Le formole dell'art. II, che danno i valori dei tre elementi, sarebbero pertanto da ritenersi come una semplice approssimazione alla realtà.

§. 8. *Sistema di quattro anelli, e loro mutua influenza.*

L'idea di due assi angolari è, nell'esposta teoria, inconciliabile coll'esistenza di due soli anelli. Siamo quindi naturalmente condotti all'ipotesi di quattro anelli eccentrici, due de'quali supponiamo circolanti nella crosta del globo, e due nel nucleo, onde raggiungere meglio un accordo fra i resultati dell'ipotesi e quelli dell'osservazione. Un tale sistema è anche riclamato dal fatto enunciato da Hauseen, che i quattro punti di massima intensità B, A, *b*, *a* si traslocano sulla superficie terrestre con velocità fra loro assai differenti, ciò che non avrebbe luogo se non ammettendo quattro anelli fra loro indipendenti e disuguali, sui quali l'azione solare possa dar origine a precessioni fra loro diverse.

A questo scopo si immagini un anello elettrico nella crosta della terra, il cui centro coincida col centro di un parallelo boreale. Il suo piano sia obliquo al parallelo, ed il suo centro così discosto da quello della terra, che de'suoi due centri d'azione C, C', animati da una egual forza *f*, quest'ul-

Digitized by Google

timo trovisi vicinissimo al piano dell' equatore. La retta che congiunge C' a C si prolunghi sino ad incontrare il polo N, e costituisca un semi-asse, che chiamo P. Questo anello di raggio minore, comunque eccentrico alla terra, sarà soggetto alla propria precessione e nutazione magnetica, riferita al piano del parallelo col quale è concentrico. Ma il punto di mezzo fra i suoi centri d'azione non coincidendo, come si è supposto ne' precedenti paragrafi, col centro della terra, le formole fondamentali dell'articolo II. non saranno più atte a fornire, per l'azione isolata di un solo anello, i valori dei tre elementi v, i, ρ, senza essere assoggettate a quella modificazione che un tale traslocamento richiede. Noi supponiamo conoscere le formole che danno le v, i, ρ appropriate a questo caso.

Si immagini un anello simile, pur circolante nella crosta terrestre, ma concentrico con un parallelo australe. Sia pur esso così obliquo e discosto che, nella sua posizione, il primo dei due centri d'azione, che chiamo $C_{,}$, $C'_{,}$, animati da una stessa forza f', cada assai presso al piano dell'equatore. Prolungata la retta che congiunge $C_{,}$ con $C'_{,}$ sino all'emisfero australe, cada nel punto R, formando così un altro semi-asse, che chiamo Q. Questi due semi-assi P, Q, presi insieme, potranno riguardarsi come un solo asse angolare. Questi anelli raffigurano due tropici magnetici, diversamente inclinati all'equatore. Si ammetta inoltre l'esistenza di due simili anelli nel nucleo solido, aventi i loro centri d'azione l'uno in S, S' con forza eguale ad f', l'altro in S', $S'_{,}$ con forza eguale ad $f'_{,}$, e così disposti che i centri interni S', $S_{,}$ cadano pure nel piano dell'equatore. I loro semi-assi, l'un boreale diretto al polo n, l'altro australe terminante al polo r, siano indicati rispettivamente con p, q. Anche questi semi-assi potran riguardarsi nel loro insieme come formanti un solo asse angolare. Questi anelli del nucleo raffigurano due altri tropici interni con diversa inclinazione all'equatore. Le forze emananti dai centri d'azione C, $C'_{,}$, S, $S'_{,}$ saranno le sole influenti sul valore dei tre elementi magnetici, giacchè le azioni fra loro contrarie, emananti dai centri interni C', $C_{,}$ poco fra loro distanti, renderan presso che nullo il loro effetto alla superficie terrestre, e tale sarà pure l'effetto delle azioni emananti dai centri interni S', $S_{,}$,

Digitized by Google

in quanto fra loro opposte ed assai prossime. I due semi-assi P, p, alle cui estremità debbono corrispondere i veri poli boreali N, n, ed i due analoghi Q, q, alle cui estremità debbono esistere i veri poli australi R, r, dovranno essere orientati, rispetto all'asse terrestre, in modo che dall'azione mutua dei due primi abbiano ad avverarsi nei punti noti B, b due intensità massime, e da quella dei secondi debbano risultare nei punti A, a due altri massimi d'intensità. Chiaminsi ora v, i, ρ i tre elementi magnetici relativi all'azione isolata del semi-asse P, astrazion fatta dagli altri, e siano parimenti v', i', ρ' quelli relativi al semiasse Q. Così si indichino con w, j, σ, e con w', j', σ' quelli relativi ai corrispondenti semi-assi p e q. Le formole dell'articolo II relative ad un asse unico, quando vengano opportunamente modificate, come altrove si mostrerà, daranno i valori dei tre elementi magnetici relativi all'azione di ciascun semi-asse in particolare, e da questi sarà facile passare ad espressioni simili alle (25), (26), (27), che somministrino i valori di V, I, F dovuti all'azion contemporanea di quattro semi-assi o di quattro coppie di forze, seguendo un processo analogo a quello che ci ha servito per dedurre le V, I, F relative all'azion contemporanea di due sole coppie.

Il moto secolare dei semi-assi P, Q, p, q, e quindi quello dei loro poli apparenti N, n nell'emisfero boreale, ed R, r nell'australe, prodotto dall'azion solare, potrà per tal modo essere in ciascun d'essi diverso, per l'indipendenza in cui essi si trovano fra loro. La diversa grandezza delle rispettive precessioni e nutazioni dipenderà dall'intensità propria a ciascuna corrente anulare, e dal raggio del cerchio percorso. L'essere tali correnti fra loro disgiunte e separate, toglie la possibilità del loro sovraporsi o compenetrarsi, e dà origine ad un sistema magnetico particolare a ciascun anello.

Per adempire la condizione, che i quattro valori d'intensità massima nei punti B, A, b, a siano fra loro diversi, come ha luogo in natura, non è necessario che le forze f, f_1, f', f', sieno fra loro diverse. Potrebbe anche essere $f = f_1$, $f' = f'_1$, e ciò non ostante apparire diverse fra loro le massime intensità, dipendendo queste non solo dalle forze dei centri d'azione, ma dalla posizion rispettiva dei quattro semi-assi fra loro.

Digitized by Google

Anzi l'enunciata condizione sarebbe soddisfatta quand'anche si supponessero tutte eguali fra loro le quattro forze f, f', $f_{,}$, $f'_{,}$. Se sarà $f = f_{,}$ ed $f' = f'_{,}$, si avrà una quasi perfetta neutralizzazione nell'azione dei centri interni C con $C_{,}$, e C', con $C'_{,}$, e tanto più se tutte saranno eguali fra loro.

Le diverse velocità dei moti secolari, cui sono soggetti, secondo Hauseen, i quattro punti di massima intensità, da lui pure indicati con B, b, A, a, dipenderebbero in questa teoria dalla diversa precessione magnetica a cui sarebbero sottoposti gli anelli, e quindi dalle diverse rotazioni coniche dei quattro semi assi P, Q, p, q fra loro indipendenti.

Ma tale indipendenza può essa ammettersi a tutto rigore? Certo che se si tenesse conto delle sole azioni del sole e degli altri corpi celesti, che sugli anelli producono un effetto cumulativo, i moti conici dei semi-assi sarebbero fra loro indipendenti. Ma se ammettiamo, dietro i principj fisici, che oltre quelle forze gli anelli esercitino un'azione mutua fra loro, l'indipendenza della loro rotazione non è più ammissibile.

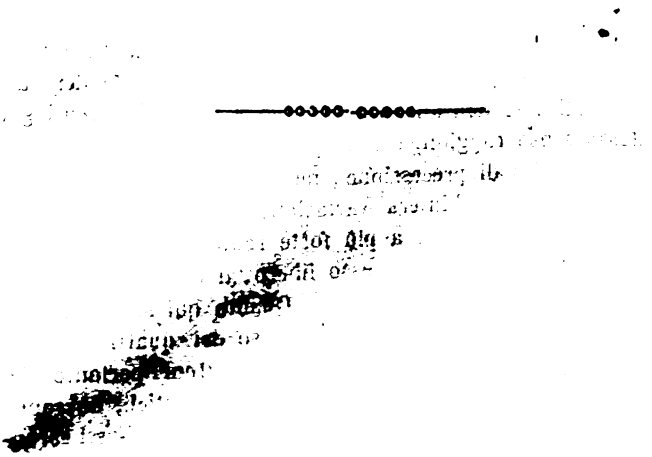
Supponiamo, per fissare le idee, che due soli siano gli anelli, uno nella crosta, l'altro nel nucleo, come si era supposto negli antecedenti paragrafi. Dietro la nota legge di Ampère sulle azioni delle correnti elettriche fra loro, l'anello della crosta, che per semplicità supponiamo fisso, eserciterà sull'anello interno del nucleo un'azione tendente a ridurre parallele e cospiranti le correnti interne ad esso oblique. L'asse dell'anello interno, tanto nella supposizione che sia libero nel suo moto, quanto che sia vincolato alla massa, tenderà ad avvicinarsi all'asse dell'anello fisso, sino a che le correnti già nello stesso senso raggiungano il parallelismo. Questo moto, associato a quello di precessione, ne farà nascere uno composto, da cui risulterà l'intera variazione secolare. Una simile rettificazione dovrà valere, a più forte ragione, pel caso in cui l'anello della crosta sia pur esso libero, d'onde nascerà una mutua influenza dell'uno sull'altro. Quanto qui si dice rispetto a due anelli, dovrà applicarsi al caso dei quattro tropici anulari, superiormente descritti. Le variazioni pertanto che debbono manifestarsi nei tre elementi magnetici, dovranno essere subordinate alle differenti posizioni che i semi-assi saran-

Digitized by Google

no obbligati di assumere, in forza delle simultanee azioni del sole sugli anelli tropicali, e di questi fra loro.

La supposizione fatta, che le forze emananti dai centri d'azione delle quattro zone tropicali debbano mantenersi costanti rispetto al tempo, ossia che le intensità delle correnti debbano mantenersi invariate, è affatto gratuita. Parimenti gratuita è l'ipotesi, che le correnti solari, da cui abbiamo fatto dipendere i fenomeni della precessione e nutazione magnetica, e quindi quelli delle variazioni secolari, debbano rimanere in sè stesse costanti, mentre potrebbero variare col tempo di intensità e direzione, e modificare i fenomeni da esse dipendenti.

La varietà e complicazione delle accennate cause influenti sul magnetismo terrestre sarebbero appunto d'accordo colla varietà ed apparente irregolarità dei fatti che si osservano in natura; dei quali fatti non si potrà trovare una completa spiegazione, se non dopo una prolungata serie di osservazioni, con accuratezza in tutte le più remote regioni del globo eseguite, e per un lungo periodo di generazioni indefessamente continuate.



Digitized by Google

Continuazione e fine della Memoria — Sulle forme cristalline di alcuni sali derivati dall'ammoniaca — di QUINTINO SELLA.

PARTE SECONDA

PARAGONE TRA LE FORME CRISTALLINE DEI SALI DESCRITTI.

Non è per certo nostro intendimento di trarre dai fatti osservati troppo ampie conclusioni sulla costituzione dei sali esaminati, ed anche meno sulle forme dei sali di costituzione analoga. Tra le migliaia di corpi cristallizzati, che la chimica organica ha in pochi lustri scoperto, neppure quattrocento vennero finquì cristallograficamente determinati. Quindi è che ad ogni generale ragionamento mancando ampia base di fatti osservati, ogni generale conclusione sarebbe per lo meno avventatissima. Nel nostro lavoro ebbimo per essenziale oggetto quello modestissimo di portare il nostro sassolino all'edificio, che si potrà più tardi elevare sulla conoscenza delle proprietà geometriche e fisiche dei sali. Ciò non ostante non credemmo di mancare al debito di riserva, cui si è nell'attuale miseria di conoscenze astretti, ponendo in rilievo alcune interessantissime analogie, le quali mentre corroborano le viste di Hofmann e Cahours sulla natura di alcuni dei sali esaminati, gettano pure viva luce sulle proprietà di alcune classi di sali.

§. 1.

Sulle diamine e sulle diamidi.

Le diamine e le diamidi, cioè le sostanze derivate da due molecole di ammoniaca N_2H_6 comprendono parecchi corpi di molta importanza, e specialmente le uree. La urea ordinaria $N_2[H_4(CO)''']$ cristallizza nel sistema dimetrico, mentre le uree di cui ai capi III. e IV. cristallizzano nel sistema monoclino. Non vuolsene però inferire, che le uree da noi studiate siano senza analogie tra i membri del gruppo delle diamine e delle diamidi,

Digitized by Google

posciachè tra queste parecchie se ne annoverano, le quali sono monocline. Scegliamo tra esse la ossamide e la tiosinamina, e ne paragoniamo le forme con quelle delle uree dei capi III. e IV. al quadro primo posto al fine della memoria (Ved. pag. 154 e 155).

Ivi si scorge come la ossamide si allontani alquanto dalle tre uree, ma che strettissima è l'analogia tra la tiosinamina, cioè $N_2[H_3(C_3H_5)(CS)'']$, e le uree da noi determinate, e specialmente la urea solforata monoallilica trietilica ad azoto e fosforo, cioè $NP[(C_2H_5)_3(C_3H_5)(CS)'']$. Quest'ultima urea differisce dalla tiosinamina solo in ciò, che dei due equivalenti di azoto uno è sostituito dal fosforo, ed i tre equivalenti dell'idrogeno sono sostituiti dall'etile. Ora le forme delle due sostanze non solo derivano da assi, i quali nè per grandezza, nè per inclinazione molto non si scostano tra loro, ma hanno in buona parte lo stesso simbolo. Le sfaldature possono pure ridursi ad avere simbolo identico, e nota il Schabus come i cristalli di tiosinamina siano allungati nella direzione [010] e talvolta tabulari per lo sviluppo di 001, come per lo appunto notammo succedere per i cristalli della urea allilica del capo IV.

Anche più vicine sono le due uree fenilica ed allilica descritte nei capi III. e IV. per ciò che riguarda l'angolo 100,001, ed i rapporti degli assi *a* e *b*. Circa l'asse *c* nulla si può dire, perchè nell'urea fenilica non si trovarono faccie, che il determinassero. La bisettrice degli assi ottici è per ambe le uree nel piano 010, ma il piano degli assi ottici è 010 nell'urea allilica, mentre è perpendicolare a 010 nell'urea fenilica.

Vi sono ancora altre basi della famiglia delle amine, come la huanokina, la cinconina, l'armina, la cincotina ec., le quali cristallizzano nel sistema monoclino. Però siccome è ancora dubbia la vera costituzione di questi corpi (1), e le loro forme si scostano alquanto da quelle delle quattro sovracitate sostanze, non crediamo prudente lo spingere oltre questo paragone.

Per le stesse ragioni omettiamo di accennare alle diamine e diamidi trimetriche, e ci limitiamo a prendere nota di un gruppo di diamine e diamidi cristallizzanti in prismi monocli-

(1) Hofmann. *On ammonia and its derivatives.* London 1859. pag. 14.

Digitized by Google

ni, in cui 100,001, è prossimo a 60°, e ad accennare, che questo gruppo comprende tutte le uree solforate, di cui ci sia finqui nota la determinazione cristallografica.

§. 2.

Sui sali aloidi.

Nella prima parte di questa memoria discorriamo di sali aloidi dal capo V. al capo XI. I primi cinque sono creduti monoatomici ed analoghi perciò a NH_4Cl, e gli ultimi due sono creduti biatomici, vale a dire analoghi a $N_2H_8Cl_2$. Faremo qualche confronto relativamente agli uni ed agli altri:

(*a*) *Sali aloidi monoatomici*. La maggior parte dei sali aloidi ritenuti anche oggidì per monoatomici cristallizzano nel sistema monometrico. Citiamo specialmente (1) KCl, KBr, KI; NaCl, NaBr, NaI; NH_4Cl, NH_4Br, NH_4I; A_gCl, A_gBr, ed anche Cu_2Cl, che molti degli odierni chimici (2), raddoppiando l'equivalente del rame, intendono composto di una molecola di rame ed una di cloro. A questo gruppo vengono ora ad aggiungersi il bromuro di fosfonio monobromoetilico trietilico, $P\ [\ (C_2H_5)_3\ (C_2H_4Br)]\ Br$ ed il bromuro di arsonio monobromoetilico trietilico $As\ [\ (C_2H_5)_3\ (C_2H_4Br)\ ]\ Br$, i quali come si vide ai capi V. e VI. sono monometrici.

Il Marignac (3) qualche anno fa poneva in luce le relazioni esistenti fra sostanze monometriche, e sostanze romboedriche derivanti da romboedri, il cui angolo è prossimo al retto. Basti rammentare a modo di esempio i corpi semplici, di cui la maggior parte spetta od al sistema monometrico, od al romboedrico, od anche ad entrambi; ed i solfuri ad un equivalente

(1) Vedi per le forme dei sali, per cui non si cita autore, Rammelsberg *Handbuch der Krystallographischen Chemie*. Berlin 1855, e *Die neuesten Forschungen in der Krystallographischen Chemie*. Leipzig 1857.

(2) Cannizzaro. *Sunto di un corso di filosofia chimica. Nuovo Cimento* tom. 7, pag. 347.

(3) *Sur les relations existant entre certains groupes de formes crystallines appartenant à des systèmes différents. — Comptes Rendus de l' Acad. des Sciences*, tomo XLV, 1857, pag. 650.

Digitized by Google

di zolfo ed uno di metallo, i quali or sono monometrici come la galena, l'argentite, la blenda, l'alabandina, ed ora romboedrici esagonali come la pirrotina, la millerite, la greenockite. Nè sia lecito il tacere sulla recente scoperta del dotto ginevrino (1) di fluosilicati, fluostannati, e fluotitanati romboedrici NH_4Fl, $SiFl_2$; NaFl, $SiFl_2$; NH_4Fl, $SnFl_2$; NH_4Fl, $TiFl_2$; NaFl, $TiFl_2$, e di fluosilicati romboedrici KFl, $SiFl_2$, ed il già citato NH_4Fl, $SiFl_2$, che a legare le due serie si mostra molto opportunamente dimorfo (2).

I sali aloidi non si sottraggono alla legge della doppia serie, e senza parlare di FeCl, MgCl, CdI, PbI che furono trovati in lamine esagonali ad un solo asse ottico dal Senarmont e dal Descloizeaux (3), poichè non essendone state determinate geometricamente le forme, non è possibile il vedere fino a qual segno derivino da un romboedro prossimo al cubo, basti citare la iodite o ioduro di argento determinato dal Descloizeaux. All'ioduro di argento si associa ora intimamente il ioduro di fosfonio tetraetilico, di cui al capo VII, come risulta dal quadro secondo posto al fine della memoria (V. pag. 154 e 155).

Appare infatti dalle misure del valente mineralista francese, che l'angolo del romboedro spettante all' ioduro di argento non si allontana di 1° 30' da quello del romboedro spettante all'ioduro di tetraetilfosfonio; che di cinque forme osservate nell'ioduro di argento tre hanno lo stesso simbolo di altrettante forme trovate nell'ioduro di tetraetilfosfonio; e che entrambe le sostanze sono otticamente positive. È degno di nota come i cristalli di iodoro di argento abbiano abito esclusivamente esagonale, poichè constano puramente di prismi e piramidi esagonali colla loro base, mentre i cristalli di ioduro di fosfonio tetraetilico intanto che fanno mostra di prismi e piramidi esagonali, sono inoltre ricchi di faccie romboedriche.

(1) Vedi le Memorie del Marignac. *Annales des Mines* 5ª Serie, tomo XII, pag. 18 e 20 — Ibid. tom. XV, pag. 224, 228 e 258. — *Annales de Physique et de Chimie* 3ª Serie, tomo LX, pag. 45.

(2) Si assunse nelle formole precedenti Si = 14, in guisa che SiO^2 è il simbolo della silice.

(3) Descloizeaux. *De l' emploi des propriétés optiques biréfringents en Minéralogie.* — *Ann. des Mines* 5ª Serie, tomo XI, pag. 506 e 507.

Digitized by Google

Il cloruro di fosfonio monoplatinico P $[(C_2H_5)_3Pt]$ Cl di cui al capo VIII. si scosta dai precedenti sali aloidi, poichè è monoclino. Chi ritiene che si debba raddoppiare l'equivalente del platino, e ritenere quindi per biatomico il cloruro di cui ragioniamo, potrà cercare in tal fatto la discrepanza tra la sua forma e quella dei sali precedenti. Chi crede invece, che debba rimanere inalterato l'equivalente del platino, e che monoatomico sia il cloruro in discorso, potrà rilevare l'osservazione fatta in addietro che cioè le forme sue molto non si scostano da quelle del cloruro di ammonio, ed annoverare anche questo tra quei casi di sali analoghi assumenti forme vicine sebbene spettanti a sistemi diversi.

(*b*) *Sali aloidi biatomici*. Dei sali di questo genere da noi descritti ai capi X. e XI. l'uno è monoclino, e l'altro trimetrico. Lasciamo in disparte il primo, che una volta sola si ottenne, e che non si potè convenientemente studiare, ed occupiamoci invece dell'ultimo.

Si conoscono le forme di parecchi cloruri metallici anidri, i quali si mostrano in cristalli trimetrici. Si può chiedere se il paragone delle forme cristalline di questi corpi con quelle del biioduro di bifosfonio exaetilico monoetilenico $P_2[(C_2H_5)_6(C_2H_4)']I_4$, il quale è biatomico, infermi o corrobori le viste di coloro, i quali credono doversi raddoppiare gli equivalenti di tutti i metalli ad eccezione degli alcalini, e dell'argento, e doversi perciò ritenere i loro sali aloidi come biatomici.

Si può quindi osservare come anche trimetrico sia il bromuro di fosfonio trimetilico monobromoetilico $P[(CH_3)_3(C_2H_4Br)]Br$, e chiedere se per ventura non abbia questo sale una costituzione chimica diversa da quella indicata dalla formola, e non sia invece biatomico.

Alle due dimande risponda, per quel che può, il quadro terzo posto al fine della memoria (V. pag. 156 e 157).

Da codesto quadro potrebbero trarsi delle ragioni per ritenere il bromuro di fosfonio monobromoetilico trimetilico come biatomico. Si potrebbe credere, che biatomici siano pure i cloruri metallici, ove si considerino il cloruro di piombo, quello di zinco ammoniacale, e quello di mercurio (cui paiono isomorfi il bromuro, ed il ioduro giallo): ma a contraria sentenza si in-

Digitized by Google

clinerebbe considerando i cloruri zinco-ammonico e zinco-potassico. Potrebbero finalmente trarsi dal nostro quadro argomenti per credere biatomiche la papaverina e la tialdina.

Ma noi dobbiamo osservare, che le forme di queste sostanze spettano a quel gruppo di cristalli trimetrici, che si mostrano in prismi, il cui angolo od è prossimo a 60°, o per semplicissime relazioni ne deriva. Ora questo gruppo, come già parecchi osservarono, e di recente il Marignac confermò (1), comprende sostanze di composizione e costituzione disparatissima. Quindi è, che ci limitiamo a presentare ai cristallografi il quadro precitato più ad incentivo allo studio di composti analoghi, i quali meglio possano risolvere le proposte quistioni, che per la saldezza delle conclusioni, a cui potrebbe condurre.

§. 3.

Sui Cloroplatinati.

Dei dieci cloroplatinati da noi determinati, quattro mostrano associato al bicloruro di platino un cloruro monoatomico, quattro un cloruro biatomico, uno un cloruro triatomico, ed uno, quello descritto al capo XXII, ha una costituzione non sufficientemente studiata.

Dobbiamo prescindere dal parlare dell'ultimo perchè mal noto, e del cloroplatinato a cloruro triatomico, poichè è, per quanto ci consta, il solo di analoga costituzione, che finquì sia stato determinato.

E neppure dei cloroplatinati a cloruro biatomico possiamo dire gran fatto, perchè dei quattro da noi determinati uno è trimetrico, un altro è triclino, ed i due rimanenti sono bensì monoclini e quindi comparabili, ma la povertà delle faccie di quello descritto al capo XVI. avendone resa impossibile la completa determinazione, mancano i termini al paragone. Nè conosciamo sali di questo genere da altri misurati, salvo per coloro che annoverano la huanokina tra le diamine, il cloroplatinato

(1) *Ann. des Mines* Serie 5ª tomo XII, pag. 14.

Digitized by Google

della medesima studiato da Hahn (1). Noteremo semplicemente come il cloroplatinato di huanokina sia trimetrico, come lo è pure quello di fosfammonio monoetilenico trietilico descritto al capo XIX.

A qualche conseguenza possiamo invece pervenire fermandoci sui cloroplatinati a cloruro monoatomico. Nella cristallografia chimica del Rammelsberg, nel supplemento alla medesima, nella memoria del Schabus coronata dall'Accademia di Vienna, e nelle memorie di Marignac troviamo le determinazioni di ventidue sali la cui formola chimica è

$$AB+A'B_2;$$

ove A=K ovvero NH_4 ;
A'=Pt ovvero Pd, ovvero Ir, ovvero Sn, ovvero Si (2);
oppure Ti;
B=Cl oppure Fl .

Di codesti sali dieci sono monometrici, uno è o dimetrico, o monometrico (le misure lasciano qualche incertezza), sei sono romboedrici, uno è dimorfo, cioè monometrico e romboedrico (V. pag. 147), tre sono trimetrici, ed uno è monoclino.

Tra i sali da noi determinati

$$P(C_2H_5)_4Cl+PtCl_2;$$
$$P[(C_2H_5)_3(CH_3)]Cl+PtCl_2;$$
$$P[(C_2H_5)_3(C_2H_5O)]Cl+PtCl_2;$$

sono anche monometrici, e confermando per la loro forma le viste di Hofmann sulla loro costituzione vengono a schierarsi a lato degli undici sali sovraindicati, e specialmente del cloroplatinato di ammonio trimetilico $N[H(CH_3)_3]Cl+PtCl_2$ determinato dal Schabus (3).

(1) Kopp e Vill *Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie* für 1858, pag. 372.

(2) Si intende sempre Si = 14.

(3) *Bestimmung der Krystallgestalten in chemischen Laboratorien erzeugter Producte.* Vienna 1855, pag. 13.

Digitized by Google

Il cloroplatinato di fosfonio monobromoetilico trietilico P da noi trovato monoclino, cioè $P[(C_2H_5)_3(C_2H_4Br)]Cl+PtCl_2$, non è senza analogia al solo cloroplatinato monoclino, che fino ad ora si conoscesse, cioè al cloroplatinato di ammonio bietilico $N[H_2(C_2H_5)_2]Cl + PtCl_2$. Infatti l'angolo 100, 001 è in questo di 85°. 40′ (1), mentre è di 89°. 2′ nel sale, di cui al capo XV.

§. 4.

Conclusioni.

Esposte nel quadro quarto (Ved. pag. 158 e 159) le forme dei sali descritti nella memoria possiamo riassumere i risultati del loro paragone dicendo:

1.° Che v' ha un gruppo di diamine e diamidi monocline, le cui forme tra loro si avvicinano, gruppo il quale comprende specialmente la tiosinamina, le uree solforate trietiliche ad azoto e fosforo, l'una fenilica, e l'altra allilica;

2.° Che al gruppo dei sali aloidi monometrici conviene associare i bromuri di fosfonio ed arsonio monobromoetilico trietilico;

3.° Che il ioduro di tetraetilfosfonio è affatto isomorfo coll'ioduro di argento;

4.° Che al gruppo dei cloroplatinati, cloropalladati ecc. monometrici debbonsi associare i cloroplatinati di fosfonio tetraetilico, monometilico trietilico, monoossietilico trietilico;

5.° Che le forme cristalline dei sali precitati confermano nel modo il più splendido le viste di Hofmann sulla loro costituzione;

6.° Che non senza meraviglia scopresi col goniometro, come talvolta la posizione di equilibrio delle molecole di un sale, come ad esempio dell' ioduro di argento, di assai poco si muta, allorquando ad una molecola creduta semplice, qual è quella dell' argento, si sostituisca una molecola evidentemente complicatissima, qual è quella del tetraetilfosfonio $P(C_2H_5)_4$,

(1) Schabus. *Krystallologische Untersuchungen. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften.* Vienna, tom. xv, pag. 206.

Digitized by Google

la quale secondo le nuove notazioni consta di 29, è secondo le notazioni antiche di 37 altre molecole alla loro volta credute semplici.

NOTA

sul Quadro quarto pag. 158 *e* 159.

La prima colonna indica il capo della memoria, in cui è descritto il sale ivi considerato.

La quarta colonna indica le forme osservate nei cristalli di ciascuna sostanza, ed i simboli delle forme, parallelamente alle cui faccie si osservarono sfaldature, sono sottolineate.

Le ultime colonne riassumono i caratteri ottici osservati, e mostrano anzitutto se la sostanza sia otticamente positiva o negativa, poscia quale sia la posizione del piano degli assi ottici, e quella della loro mediana principale, e finalmente la grandezza degli indici di osservazione, e l'ampiezza dell'angolo degli assi ottici. I segni ⧺ e ⌞ indicano, che una linea od un piano è parallela ovvero perpendicolare ad altra linea o piano ivi citato. L'angolo degli assi ottici è indicato da 2V, se si riferisce agli assi dentro al cristallo, e da 2E se si riferisce agli assi emergenti da una lastra a faccie parallele perpendicolare alla loro mediana principale.

AVVERTENZA ESSENZIALE

In tutte le formole chimiche inserite nel testo, e nelle figure di questa memoria ci siamo conformati alle viste di Hofmann ed altri odierni chimici, ed abbiamo assunto per equivalenti

$$H = 1; \quad O = 16; \quad S = 32; \quad C = 12.$$

Indi segue, che per esprimere le nostre formole cogli antichi equivalenti debbonsi raddoppiare i numeri di atomi relativi all'ossigeno, allo zolfo ed al carbonio.

Digitized by Google

QUADR

Sopra alcune diam

SOSTANZA	COMPOSIZIONE	100, 001
Ossamide	N_2 $[H_4 (C_2O_2)'']$	57°. 15′
Tiosinamina	N_2 $[H_5 (C_3H_5)(CS)'']$	59 . 50
Urea fenilica del Capo III . .	NP $[(C_2H_5)_3 (C_6H_5)(CS)'']$	61 . 2
Urea allilica del Capo IV. . .	NP $[(C_2H_5)_3 (C_3H_5)(CS)'']$	64 . 45

(1) In questo e nei seguenti quadri vennero sottolineati i simboli delle faccie parallelamente alle quali i cristalli si sfaldano.

(2) Schabus. Bestimmungen der Krystallgestalten in chemischen Laboratorien erzeugter Producte. Vienna 1855, pag. 165 e 167. Nella Tiosinamina si cangiò la posizione degli assi assunti dal

QUADRO

Iodur

SOSTANZA	COMPOSIZIONE	111, 100
Ioduro di argento	A_g I	58°. 26′
Ioduro di fosfonio tetraetilico	P $(C_2H_5)_4$ I	59 . 32

(1) Descloizeaux. Note sur la forme cristalline de l'iodure d'argent. Ann. de Phys. et de Chim. 5. Serie, Tom. XL, pag. 85.

Alle forme b^3, $b\frac{1}{2}$, $b\frac{1}{4}$ del Descloizeaux corrispondono qui $\breve{3}21$, $\breve{5}1\bar{1}$, $\breve{5}1\bar{3}$.

Digitized by Google

PRIMO

e diamine monocline.

SECONDO WEISS a : b : c =	FORME E SFALDATURE (1)	OSSERVATORE
1:3. 0,4515:0,7591	100, 001, 110, $\bar{1}11$	Schabus (2)
1: 0,4433:0,8607	100, 001, $\bar{2}01$, 012, $\bar{2}12$	Schabus (2)
1:2. 0,4291: x	100, 010, 001, 110	Sella
1: 0,3984:0,8321	100, 001, 110, $\bar{1}01$, $\bar{2}01$, $\bar{1}12$	Sella

Schabus in guisa che 100 e 001 fossero i simboli delle sfaldature, come tali si erano assunti nell'urea allilica del Capo IV. I simboli delle faccie u, o, P, v, p di Schabus divennero quindi 100, 001, $\bar{2}01$, 012, $\bar{2}12$.

ECONDO

romboedrici

SECONDO NAUMANN R=	FORME OSSERVATE	INDICI DI RIFRAZIONE	OSSERVATORE
84°. 54'	111, $10\bar{1}$, 321, $31\bar{1}$, $51\bar{3}$	$\varepsilon > \omega$	Descloizeaux(1)
83 . 26	111, $10\bar{1}$, 100, 110, 210, $31\bar{1}$	$\varepsilon = 1{,}668$; $\omega = 1{,}660$	Sella

Per i caratteri ottici vedi Descloizeaux. De l'emploi des propriétés optiques biréfringentes en Minéralogie. Ann. des Mines, 5 Serie, Tom. XI, pag. 500.

Digitized by Google

SOSTANZA	COMPOSIZIONE
Bromuro di fosfonio monobromoetilico trimetilico . .	$P\,[\,(CH_3)_3\,(C_2H_4Br)\,]\,Br$
Biioduro di difosfonio monoetilenico exaetilico . . .	$P_2[(C_2H_5)_6\,(\,C_2H_4)''\,]\,I_2$
Bicloruro di mercurio	$HgCl$
Cloruro di zinco ammoniacale	NH_3ZnCl
Cloruro di piombo	$PBCl$
Cloruro zinco-ammonico	NH_4ZnCl_2
Cloruro zinco-potassico	$KZnCl_2$
Cloridrato di papaverina	$N\,(C_{20}H_{21}O_4)\,HCl$
Cloridrato di tialdina	$N\,(C_6H_{13}S_2)\,HCl$

(1) Poggendorf. Annalen der Physik und Chemie Tom. 28, pag. 118. Vedi Rammelsberg. Hand. d. Kryst. Chem. pag. 51. Alle faccie ivi notate b, c, p, r, q, r^2, q^2, $q_{,2}$, o, si diedero i simboli 100, 010, 101 011, 110, 012, 210, 120, 111. Nelle grandezze degli assi dati dal Rammelsberg incorsero alcuni errori di stampa.

(2) Ann. des Mines 5 Serie, Tom. 12, pag. 8. Alle faccie ivi indicate M, P, a, e, si assegnarono i simboli 110, 001, 101, 011.

(3) Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften. Vienna 1850. — Vedi Rammelsberg op. cit. pag. 48. Alle forme ivi notate b, c, q, q^4, o, o^2 si diedero i simboli 100, 001, 101, 401, 111, 221.

Digitized by Google

ERZO

aloidi trimetrici.

SECONDO WEISS a : b : c =	FORME E SFALDATURE	OSSERVATORE
1: 0,5681 : $\frac{3}{4}$. 1,0177	100; 010, 001, 110, 211	Scila
1: 0,5704: 1,0052	110, 101	Sella
1:2. 0,5343 : $\frac{5}{4}$. 0,9672	100, 010, 110, 101, 011, 012, 210, 120, 111	Mitscherlich (1)
1:2. 0,5450: 1,0377	001, 110, 101, 011	Marignac (2)
1: 0,5943 : $\frac{1}{3}$. 1,1899	100, 001, 101, 401, 111, 221	Schabus (3)
1: 0,5654 : $\frac{5}{4}$. 0,9640	100, 001, 110, 101, 201, 310, 111	Marignac (4)
1: 0,5836 : $\frac{5}{4}$. 0,9569	100, 001, 110, 101, 301, 302, 111	Marignac (5)
1: 0,5851: 0,8391	001, 110, 101, 111	Kopp (6)
1: 0,6432: 0,9827	100, 001, 110, 101	Rammelsberg(7)

(4) Ann. des Mines 5 Serie, Tom. 12, pag. 13. Alle forme ivi indicate A, E, M, N, e, e^5, m, si diedero i simboli 001, 100, 101, 201, 110, 310, 111.

(5) Ann. des Mines 5. Serie, Tom. 12, pag. 15. Alle forme ivi indicate A, E, M, R, S, e, m, si diedero i simboli 001, 100, 101, 302, 301, 110, 111.

(6) Annalen der Chemie und Pharmacie LXVI, pag. 127 — Vedi Rammelsberg op. cit. p. 383, le forme a, p, q, o ivi indicate sono qui 001, 101, 110, 111.

(7) Rammelsberg. Die neuest. Forsch. in d. Kryst. Chem. pag. 187. Le forme ivi indicate a, b, p, q, sono qui 001, 100, 101, 110.

Digitized by Google

QUADRO

Riassunto delle forme dei Sali descritti

CAPO	SOSTANZA	SISTEMA	FORME E SFALDATURE OSSERVATE
I	$P(C_2H_5)_3 S$	Romboedrico	$10\bar{1}, 2\bar{1}\bar{1}, 210$
II	$P(C_2H_5)_3 CS_2$	Monoclino	100, 010. 001, 110, $\bar{1}01$
III	$NP[(C_2H_5)_3 (C_6H_5) (CS)'']$	id..	100, 010, 001, 110
IV	$NP[(C_2H_5)_3 (C_6H_5) (CS)'']$	id.	100, 001. 110, $\bar{1}01$, $\bar{2}01$, $\bar{1}12$
V	$P[(C_2H_5)_3 (C_2H_4 Br)] Br$	Monometrico	110
VI	$As[(C_2H_5)_3 (C_2H_4Br)] Br$	id.	110
VII	$P(C_2H_5)_4 I$	Romboedrico	111, $10\bar{1}$, 100, 110, 210, $31\bar{1}$
VIII	$P[(C_2H_5)_3 Pt] Cl$	Monoclino	001, 110, $\bar{1}01$, $\bar{1}12$
IX	$P[(CH_3)_3 (C_2H_4Br)] Br$	Trimetrico	100, 010, 001, 110, 211
X	$P_2[(CH_3)_6 (C_2H_4)'']Br_2$	Monoclino	001, 110, $\bar{1}01$
XI	$P_2[(C_2H_5)_6 (C_2H_4)''] I_2$	Trimetrico	110, 101
XII	$P(C_2H_5)_4 Cl + PtCl_2$	Monometrico	100, 111
XIII	$P[(C_2H_4)_3 (CH_3)] Cl, PtCl_4$	id.	100, 111
XIV	$P[(C_2H_5)_3 (C_2H_5O)]Cl, PtCl_2$	id.	111
XV	$P[(C_2H_5)_3 (C_2H_4Br)] Cl, PtCl_2$	Monoclino	100, 010, 110, 101, $\bar{1}01$, 011, 111, $\bar{1}11$, $\bar{2}11$
XVI	$P_2[(C_2H_5)_6 (C_2H_4)'']Cl_2, (PtCl_2)_2$	id.	100, 010, 001
XVII	$PAs[(C_2H_5)_6 (C_2H_4)'] Cl_2, (PtCl_2)_2$	Triclino	100, 010, 001, 011, $02\bar{1}$, $\bar{1}11$
XVIII	$NP[H_2(C_2H_4)_4(C_2H_4)''] Cl_2, (PtCl_2)_2$	Monoclino	100, 001, 110, 011
XIX	$NP[H_3(C_2H_5)_3 (C_2H_4)'']Cl_2, (PtCl_2)_2$	Trimetrico	100, 010, 110, 101
XX	$P_3[(C_2H_5)_9 (CH)''] Cl_3, (PtCl_2)_3$	Monoclino	100, 010, 001, 101, 111
XXI	$P(C_2H_5)_3 O, ZnI$	id.	100, 010, 001, 110, 011, 111
XXII	$[P(C_2H_5)_3O]_2[P(C_2H_5)_3Cl_2], (PtCl_2)_2$	id.	100, 001, 110, $\bar{1}01$, $\bar{1}11$, $\bar{1}12$

Digitized by Google

QUARTO

in questa Memoria

ANGOLI CARATTERISTICI	CARATTERI OTTICI APPROSSIMATIVI			
	segno	Piano assiale	Mediana	Indici e Angolo assiale
111, 100 = 54°. 35'.	+			ω=1,59; ε=1,65
100, 101 = 29°. 41'½; 010, 111 = 74°. 4'; 001, 101 = 27°. 7'½.	+	001	[010]	μ=1.75; 2V=70°
100, 001 = 61°. 2'; 010, 110 = 44°. 27'.		# [010]	∟ [010]	
100, 101 = 35°. 42'; 010, 111 = 39°. 22'; 001, 101 = 29°. 3.	—	010	∟ $\bar{1}$01	β=1,657; 2V=72°.30'
111, 100 = 59°. 32'.	+			ω=1,660; ε=1,668
100, 101 = 26°. 48'; 010, 111 = 59°. 38'; 001, 101 = 31°. 28	—	# [010]	∟ [010]	
100, 110 = 60°. 24'; 001, 101 = 22°.9'.				[001]>[100]>[010]
100, 101 = 17°. 45'; 010, 111 = 57°.47'; 001, 101 = 20°. 4'.				
100, 110 = 60°.18'; 001, 101 = 45°. 9'.				
100, 101 = 55°. 59'. 010, 111 = 60°. 37'; 001, 101 = 33°. 3',		# [010]	∟ [010]	
100, 001 = 82°. 36'.	—	# [010]	∟ [010]	
100, 010 = 81°. 52'; 100, 001 = 88°.14'; 010, 001 = 89°. 9'; 100, $\bar{1}$11 = 120°.18'; 010, $\bar{1}$11 = 64°, 4.				
100, 101 = 43°. 35'; 010, 111 = 55°.36'; 001, 101 = 43°. 17'.				
100, 110 = 59°. 50'; 001, 101 = 70°. 38'.	—	001	[100]	2E=60°
100, 101 = 46°. 2'; 010, 111 = 48°.27'; 001, 101 = 43°. 28'.				
100, 101 = 34°. 25'; 010, 111 = 50°. 16'; 001, 101 = 48°. 48';	+	∟ [001]	[010]	γ=1,58; 2V=78°
100, 101 = 27°. 19'; 010, 111 = 41°.4'; 001, 101 = 46°. 23'.		010		

Digitized by Google

Digitized by Google

SULLE OSCILLAZIONI REGOLARI DIURNE DEL BAROMETRO;

A. SERPIERI

L' altezza del mercurio nel tubo torricelliano è, come ognun sa, l'effetto composto di due pressioni distinte, dell' aria propriamente detta e del vapore acqueo commisto all' aria. Quindi l'onda atmosferica figurata dalle curve grafiche barometriche è il risultato di due onde sovrapposte e confuse. E poichè i vapori costituiscono una classe speciale e distinta di fenomeni e formano un' atmosfera tutta propria, che ha mutazioni e periodi indipendenti dalle grandi oscillazioni dell' oceano aereo, deve riputarsi assai lodevole l' uso invalso presso alcuni Osservatorii di sottrarre dalle altezze barometriche la tensione dei vapori, fornendo così la pressione dell' aria secca.

L' illustre Dove, studiò profondamente per il primo l'onda barometrica diurna dell' aria secca, e, fondato sui medii orarii di un anno ad Apenrade, credette di potere stabilire che invece di due massimi e di due minimi diurni, l' oscillazione dell'atmosfera aerea non ha che un sol massimo verso 1^{or} del mattino, e un sol minimo verso 2^{or} pomeridiane. « Ma egli è a lamentare, dice Kaemtz, che questi risultati non sian dedotti da una serie di più anni, tanto più che l' anno osservato fu umidissimo ». E l' istesso Kaemtz trovò che i risultamenti di Dove sono contradetti e dalle sue stesse osservazioni ad Halle, e da quelle di Stierlin a Munster. (*Cours de Météor.*)

Frattanto dai più si ritiene ancora l' antico principio dei due massimi e dei due minimi diurni, confondendo il vero flusso e riflusso delle colonne aeree colle variazioni nella quantità e tensione dei vapori acquei: ed altri seguono assolutamente le prime conclusioni dei lavori di Dove, come fossero generali e abbastanza fondate. Il perchè pensai di scrivere alcuna cosa intorno a questo problema, confidando di aver intraveduta la vera legge del fenomeno, atta a rappresentare tutti i fatti e a conciliare le apparenti anomalie delle varie serie meteorologiche.

Digitized by Google

A tal fine prendo per base alcuni dati molto perfetti che sono negli Annali degli Osservatorj Russi, redatti sotto la direzione del sig. Kupffer. Prescelgo il bellissimo riassunto delle osservazioni di Pietroburgo, che abbraccia il lungo corso di 15 anni fino al 1855. Le medie orarie annue e mensili sono al certo buonissime. Dal primo Quadro che quì unisco si rileva intanto che la risultante di tutte le medie mensili conferma realmente i risultamenti di Dove. E per render più visibile, senza il sussidio delle curve, l'oscillazione dei singoli elementi invece di presentare le vere medie orarie, ho poste le loro differenze positive o negative con la media diurna o annua.

Digitized by Google

Medie annue dell' oscillazione oraria della pressione atmosferica e del vapore acqueo a Pietroburgo.

Tempo medio di Gottinga .	23^{or}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Tempo medio di Pietroburgo	0^{or} 0.21'	....	2.21	....	4.21	....	6.21	....	8.21	....	10.21	....	12.21	....	14.21	...,	16.21	....	18.21	....	20.21	....	22.21	....
Oscillaz. composta dell'aria e del vapore .	+ 9	+ 6	+ 1	− 2	− 4	m − 5	− 5	− 4	− 1	+ 2	+ 3	M + 4	+ 4	+ 2	− 1	− 4	− 7	− 8	m − 9	− 6	− 3	+ 3	+ 9	M +11
Oscillaz. della tensione del vapore	+22	+24	M +24	+24	+24	+18	+12	+ 6	+ 2	− 4	− 8	−12	−16	−20	−24	− 26	m − 28	−24	−20	−10	− 2	+ 6	+14	+18
Oscillaz. dell'aria secca . .	−13	−18	−23	−26	m −28	−23	−17	−10	− 3	+ 6	+11	+16	+20	+22	M +23	+22	+21	+16	+11	+4	−1	− 3	− 5	− 7

Sono contrassegnati con *m* i *minimi*, con M i *massimi*.
Media barometrica totale diurna o annua 590,12 semilinee russe o inglesi.
Media tensione del vapore „ 4,54 „
Media pressione dell'aria secca „ 594,58 „

Digitized by Google

Al solito dunque il barometro nella sua oscillazione composta e totale sviluppa due massimi e due minimi diurni. Ma la pressione dell'aria secca, considerata nelle medie orarie annue, non forma che un'onda sola, che comincia ad ascendere nel pomeriggio per toccare il più alto culmine a 2.^{or} dopo mezzanotte, e poi ripiega e lentamente discende senza alcuna interruzione, meno un sensibile rallentamento sulle ultime ore antimeridiane; e cade nella sua infima depressione a 4^{or} pomeridiane.

Si vede inoltre che l'onda atmosferica pura e l'onda di pressione igrometrica si trovano sempre in fase contraria; per lo che *il movimento reale diurno dell' atmosfera è assai più esteso di quello rappresentato dal barometro.* Questo infatti non offre che una escursione di 0,20, e l'onda atmosferica pura ha un'altezza di 0,51. L'opposizione costante delle due oscillazioni (già nota ed egregiamente indicata dalla signora M. Somerville — *Geogr. Fisica Cap. XXI.*) dà forse ragione di quanto accennava il sig. Arago (*Instructions, rapports, etc.*) sulla diminuzione dei movimenti diurni barometrici in vicinanza dei mari. E poichè l'onda del vapore segue in generale l'andamento delle temperature che ne producono e ne modificano la tensione, si conferma sempre meglio la comune opinione che l'onda atmosferica sia principalmente dovuta a traslazioni di masse aeree, in varj modi sospinte, o sollevate, o aspirate per ragione delle mutate densità e del generale equilibrio. Del che abbiamo pure una conferma nella inversione totale dell'onda diurna e annuale sul Gran S. Bernardo, secondo le spiegazioni del sig. Plantamour (*Bullettino Meteor. del P. A. Secchi N°. 4*). Ripeto adunque, come tanti hanno già detto, che le correnti ascendenti di aria calda generate dall'azione calorifica del sole sono la vera causa del minimo pomeridiano. L'ascesa consecutiva dell'onda sino a 2^{or} matt. sarà quindi l'effetto delle masse di aria sollevate nei meridiani occidentali, e in alto precipitate a levante sulle colonne atmosferiche che il freddo notturno va contraendo e addensando. I massimi notturni estivi hanno infatti un valore più grande. Si noti ora che la cresta dell'onda è assai larga, e si sostiene alla sua sommità per più di quattro ore. È dunque da credersi, non vedendo comparire altra onda

Digitized by Google

nel mattino, che confluiscano insieme non solo le masse aeree provenienti dai meridiani occidentali, ma quelle ancora che il nuovo giorno riscalda e solleva nei paesi orientali; le quali tendevano a produrre su di noi un altro massimo, che potrà spingersi tanto avanti da collegarsi col primo.

Sorge quindi naturalissima la questione: Non potrebbero qualche volta i due massimi restar separati? Invece di una cresta prolungata dell'onda, non potrebbero formarsi due prominenze o denti separati da un minimo? Quando tra il finire di un giorno e il cominciare del successivo l'intervallo vada crescendo, non dovrà la curva sostare più a lungo sulla massima elevazione, o appunto allora il massimo notturno sdoppiarsi, e convertirsi in due, che fra loro si allontanano col crescer delle notti, e poi via via si corrono incontro fino a riunirsi di nuovo? Questo è appunto il fatto che io credo di aver scoperto, e di cui si ha una buona ragione sia nella varia lunghezza delle notti, sia nella minor potenza dei due massimi vespertino e mattutino nella fredda stagione. Il fatto che io dico, chiaramente risalta dalle due Tavole seguenti. Nella prima ho disposto dirimpetto a ciascun mese le ordinate dell'oscillazione oraria intorno alla media respettiva: e per maggiore chiarezza ho indicato in una seconda tavola la posizione oraria dei minimi *m* e dei massimi **M**. Parmi questo un bel modo di rappresentazione grafica, che parla all'occhio quanto qualunque altra costruzione.

Digitized by Google

Medie orarie mensili della pressione dell'aria secca a Pietroburgo.

Tempo med. del luogo	or 0.21	....	2.21	....	4.21	....	6.21	....	8.21	....	10.21	....	12.21	....	14.21	....	16.21	....	18.21	....	20.21	....	22.21	....	Medie reali
Gennajo . .	4	—12	—12	— 9	— 4	— 3	— 5	— 8	— 6	0	2	7	12	7	6	3	3	— 4	— 7	— 7	— 8	0	10	11	599.45
Febbrajo'. .	— 9	— 7	—12	—13	— 9	— 2	3	1	1	9	12	14	25	11	7	5	0	— 4	— 9	— 7	—11	— 5	1	— 1	594.86
Marzo . . .	—11	— 8	—20	—29	—29	—24	—16	— 8	0	5	10	12	14	17	14	11	9	10	10	12	10	8	5	— 1	596.36
Aprile. . . .	—8	—15	—26	—30	—36	—37	—28	—15	— 3	3	9	10	15	16	16	22	21	21	22	17	12	9	4	— 4	596.60
Maggio . .	—18	—19	—26	—37	—46	—42	—31	—19	— 5	3	15	21	27	34	33	34	32	31	21	13	2	— 4	—11	—17	595.69
Giugno . . .	—38	—19	—25	—33	—39	—32	—20	—14	— 6	8	13	28	40	44	49	51	40	29	16	— 1	—15	—21	—30	—33	590.37
Luglio . . .	—23	—28	—30	—36	—38	—34	—24	—11	— 4	— 6	22	23	31	38	45	48	46	31	27	— 1	—12	—19	—19	—22	589.19
Agosto . . .	—16	—38	—44	—55	—67	—62	—51	—37	—20	— 5	9	25	31	45	55	59	65	62	48	24	3	— 8	—12	—10	591.52
Settembre .	—33	—31	—34	—42	—46	—37	—26	—11	8	11	18	23	27	31	29	30	30	33	32	24	8	— 5	—17	—26	595.73
Ottobre. . .	0	—20	—24	—25	—19	—10	— 3	3	7	10	13	14	15	10	7	4	2	1	1	4	4	2	4	1	593.94
Novembre .	— 2	— 9	— 9	— 7	— 2	1	1	3	6	7	8	9	15	3	— 3	— 1	— 7	— 9	— 8	— 7	— 3	— 2	6	3	596.87
Dicembre .	— 2	—11	—13	— 9	— 1	— 2	3	1	4	5	8	12	10	10	10	6	0	—5	—10	—10	—10	0	7	4	596.58

Alcune delle mie medie mensili differiscono di 1 o 2 centesimi da quelle degli Annali. Tale differenza è inconcludente per il caso nostro.

Digitized by Google

Movimento dei minimi e massimi nell'oscillazione diurna barometrica dell'aria secca a Pietroburgo.

Tempo medio del luogo . .	or 0.21	2.21	4.21	6.21	8.21	10.21	12.21	14.21	16.21	18.21	20.21	22.21
Gennajo		m					M				m	M
Febbrajo			m				M				m	M
Marzo			m					M	m	M		
Aprile				m					M	M		
Maggio.			m					M				
Giugno.			m						M			
Luglio.			m						M			
Agosto.			m						M			
Settembre . . .			m					M	m	M		
Ottobre		m					M			m	M	
Novembre . . .		m					M			m		M
Dicembre . . .		m				M						M

Digitized by Google

Basta volger l'occhio su questi quadri per vedere in tutta la sua semplicità ed eleganza la legge che io indicava. *I due massimi vespertino e mattutino,* uno effetto e come retroguardia del giorno che passò, foriero l'altro del giorno che si avanza, *si vengono incontro e si avvicinano sempre più quanto più brevi si fanno le notti, e si riducono in uno durante l'estate: poi si separano, e sempre più si allontanano a misura che si discostano fra loro gli estremi della notte.* La qual legge se verrà confermata da altre buone osservazioni fatte in diversi paesi, dovrà sostituirsi a quella troppo generica di Dove, che risponde solo alla risultante di tutte le medie mensili, e probabilmente sarà fallace nelle latitudini più basse, dove forse la lunghezza delle notti impedirà sempre la congiunzione dei due massimi. L'istesso sig. Dove trova per Apenrade una media dei mesi invernali con due massimi distinti a 10^{or} pom. e sulle 8^{or} ant. (*Kaemtz. Cours de Météor.*)

Ho calcolato io stesso le medie orarie mensili di 6 anni per Caterimburgo e di 7 anni per Nertchinsk, e in mezzo ai movimenti un po' saltuarj di quelle curve, si trova pure una conferma della legge sovraesposta. A Nertchinsk sul principiar dell'estate vi è un massimo solo a 3^{or} dopo mezzanotte. Questo si avanza regolarmente fino a 9^{or} antim. nei mesi successivi fino al Decembre; poi indietreggia con moto ordinatissimo: e intanto nei mesi freddi si forma nelle tarde ore di sera un altro massimo, press'a poco come a Pietroburgo. A Caterimburgo il massimo estivo cade quasi sempre sulle 3^{or} dopo mezzanotte; in Ottobre si suddivide in due più piccoli che raggiungono la massima distanza in Gennaio, e quindi manifestano abbastanza il solito moto di convergenza. Abbiamo dunque più di una conferma della legge enunciata.

È notabile che a Pietroburgo e a Caterimburgo il massimo della sera è più alto di quello della mattina, e a Nertchinsk accade il contrario.

Ricordando infine l'influenza che esercita sulla pressione atmosferica l'elettricità dell'aria, come trovava il sig. Quetelet, e ammettendo il periodo diurno dell'elettricità quale in complesso risulta dai lavori del medesimo Quetelet, di Ronalds e di Lamont, potrebbe pensarsi che il minimo elettrico del po-

Digitized by Google

meriggio concorra ad ingrandire la fase corrispondente dell'onda barometrica; e il minimo elettrico delle notti invernali forse favorisce la depressione dell'onda fra i due massimi separati.

L'esame delle varie oscillazioni isolate e lo studio delle loro interferenze apre facilmente il campo a molte altre discussioni. Desidero intanto con questi appunti di aver richiamata su tale argomento l'attenzione di altri, che avendo alle mani maggior copia di materiali sono in grado di stabilire e risolvere completamente questo punto di scienza.

Urbino, 28 Aprile 1862.

DI ALCUNE MANIERE DI APPLICARE L'ELETTRICITA' AD UNA PERSONA ISOLATA, CON AVVERTENZE CIRCA L'USO DELLA BOCCIA DI LEIDA NELLO SCUOTERE LE PERSONE E RELAZIONE DI CURE ESEGUITE COLL'ELETTRICITA' SOMMINISTRATA DALLA MACCHINA ELETTRICA; MEMORIA DEL PROF. STEFANO MARIANINI.

PARTE PRIMA

Di alcune maniere di amministrare l'elettricità ad una persona isolata.

È noto ai cultori della scienza elettrica che, mentre una persona trovasi sullo sgabello isolante e comunica mediante una striscia metallica col conduttore principale d'una macchina elettrica in azione, può essere elettrizzata in parecchi altri modi. Credo bene di accennarne alcuni in questa Memoria ad istruzione di chi, non essendo dell'arte, trovasi nel caso di potere amministrare l'elettricità ad un ammalato, al quale sia stato prescritto questo rimedio.

1. Si può elettrizzare *a fiocchi* o *ad aura* una data

Digitized by Google

parte della persona isolata avvicinando ad essa una punta metallica comunicante col suolo. Che se la parte da elettrizzare ad aura fosse molto delicata, si sostituisce una punta di legno alla punta metallica.

2. La persona isolata si può elettrizzare a scintille cavandone da quella o da quelle parti che si giudica conveniente. E le scintille saranno più deboli e più frequenti se la sfera del conduttore metallico comunicante col suolo si terrà più vicina alla parte da cui si vuole che scocchino; saranno più rare e più vigorose, se si terrà a maggiore distanza la sfera medesima.

Osservazione. Allorchè si traggono scintille dall' individuo isolato e comunicante col conduttore della macchina, se la parte alla quale si avvicina il conduttore che comunica col suolo è vestita di un panno, alcune volte non si ottiene scintilla neppure portando la sfera metallica del conduttore fino al contatto. E ciò mentre da altre parti, coperte anch' esse di panno, si traggono scintille lunghe otto o nove centimetri ed anco più. Affine di conoscere la cagione, per la quale talvolta mancavano le scintille, ho istituite parecchie sperienze sopra me stesso; e vidi che il fenomeno nasceva quando la superficie esterna del panno, che copriva la parte non era liscia, come sarebbe un tessuto di seta o di tela sopressata o di cosa simile; ma era invece un tessuto di cotone, di lana o di bavella, o anco di lino o di canape, ed avente la superficie esterna coperta di minutissimi peluzzi, e questi erano alquanto umidi.

Ecco alcune sperienze:

Avvicinando il dorso della mano coperto di un guanto di cotone al bevitore di una macchina elettrica in azione finchè scocchi la scintilla, questa riesce forte e vivace quando il guanto è bene asciutto, ma, inumidito che sia, e talvolta anche solo alitandovi sopra, avvicinando poi anche rapidamente il dorso della mano al bevitore, l'elettricità viene assorbita in silenzio.

Un guanto di seta o di pelle non presenta il fenomeno. La scintilla salta come sulla mano nuda anche quando il guanto è molto bagnato, come pure quando si presenta al bevitore della macchina il dorso nudo e non peloso d' una mano o di un dito inumidito o bagnato.

Siffatte sperienze riuscivano e quando la macchina elettri-

Digitized by Google

ca dava scintille sol di qualche millimetro di lunghezza, e quando scoccavano da essa fino a più d'un decimetro di distanza.

Vestita di un guanto di cotone la sfera in cui termina un' asta metallica comunicante col suolo, presenta pure il fenomeno del passaggio dell' elettricità o muto, o accompagnato da scintilla, secondo che l' area del guanto che s' avvicina alla macchina è umida o secca.

3. Se, mentre la persona isolata comunica col conduttore principale della macchina impugnando per esempio l' estremità di una catena o di una striscia metallica che parte dal detto conduttore, si traggono scintille da questo stesso conduttore, la persona, ad ogni scintilla sente una piccola scossa alla mano o all' avambraccio. E ciò perchè l' elettricità, della quale è investita la persona deve passare per la mano onde recarsi al bevitore, e da esso al suolo.

4. Le scosse al braccio della persona che è sullo sgabello isolante sono più forti quando, tenendo essa in comunicazione col bevitore della macchina il braccio che non si vuole scuotere, le si faccia impugnare coll' altra mano un bastone metallico munito all' astremità di una sfera, e si cavino le scintille coll' accostare alla detta sfera un conduttore comunicante col suolo. E, così facendo, riescono più forti le scosse perchè, oltre l' elettricità accumulata nella persona, deve farsi strada pel detto braccio ancor quella del bevitore.

5. Tali scosse possono anche darsi cavando le scintille immediatamente dalla mano; ma in questo caso la scintilla, oltre la scossa, produce anco una viva sensazione nel punto della pelle dal quale scocca. Onde, a meno che ciò non sia voluto da circostanze speciali, come sarebbe quella in cui si trattasse di restaurare la sensibilità trovantesi poco o molto smarrita, si evita la sensazione incomoda cavando le scintille da un cilindro di metallo che tiene in mano l' infermo.

E può accrescersi vie più la forza di tali scosse estendendo il bevitore della macchina coll' aggiungere qualche altro conduttore secondario isolato comunicante con esso.

6. In tale guisa si può anche elettrizzare, come si suol dire, *a cauterio*, o forse meglio direbbesi *a rubificante*, coprendo con uno o più strati di flanella asciutta la regione che si vuole

Digitized by Google

elettrizzare, e poi scorrendo su di essa flanella con l'estremità sferica di un conduttore metallico in comunicazione col suolo.

7. Si può anche dare la scossa contemporaneamente alle due braccia della persona isolata, ovvero alle due gambe, ovvero ad una gamba e ad un braccio. E ciò facendo comunicare l'uno e l'altro arto per via d'un conduttore metallico col bevitore della macchina. Ed è bene che le comunicazioni dei due arti col bevitore sieno egualmente conduttrici. Ad ogni scintilla che si caverebbe dal bevitore, tutta l'elettricità, di cui è investita la persona dividerebbesi fra i due arti per andare a disperdersi nel suolo insieme a quella del bevitore stesso.

8. Elettrizzando due arti nel modo ora descritto, dividendosi fra l'uno e l'altro il torrente di elettricità, le contrazioni riescono meno forti di quelle che si ottengono quando un solo arto comunica colla macchina. Nè si ponno ottenere più forti le scosse contemporanee alle due braccia facendo che l'infermo, posto sullo sgabello isolante impugni con una mano una striscia metallica comunicante col bevitore della macchina in azione, e coll'altra mano un'altra striscia metallica comunicante con un conduttore isolato capace quanto il bevitore stesso, e prendendo poi delle scintille o dal conduttore della macchina, o dall'altro conduttore isolato: giacchè allora la persona sottoposta alla elettrizzazione sente una scossa notabile soltanto nel braccio che comunica direttamente col conduttore dal quale si trae la scintilla.

La prima volta che osservai questo fenomeno io sperimentava con una macchina che dava elettricità positiva; e sospettai che desso almeno in parte dipendesse dal verificarsi anco nel caso della elettricità delle macchine (o di alta tensione) che la scossa sia più forte se l'elettricità scorre in un arto dalla origine verso l'estremità, che se scorre in senso opposto, come appunto ciò si verifica sperimentando colla elettricità voltaica, giacchè allora, al chiudere il circuito, si ha sempre, a circostanze pari, scossa più forte nell'arto comunicante col polo negativo (1).

(1) Egli è questo un corollario che dedussi studiando il fenomeno che presentano le rane galvaniche, scoperto da Lehot quale si è quello

Digitized by Google

Ma, avendo ripetuto siffatti sperimenti con una macchina che dà elettricità negativa, i risultati furono eguali ai precedenti. Onde, abbandonata la prima opinione, io mi persuasi che il fenomeno dipendeva, almeno per la massima parte, dalla maggiore copia di elettricità che, e nel caso della macchina positiva, e nel caso della negativa, scorre per l'arto che sta in comunicazione col conduttore dal quale si trae la scintilla.

Io faccio uso or dell'una ed or dell'altra delle sovraccennate maniere di elettrizzare *a scosse* ogni qualvolta è prescritto, o si crede opportuno di dare un gran numero di scosse in breve tempo, e si vuol far uso dell'elettricità della macchina elettrica, e non degli elettromotori. Ma d'ordinario, quando non si vuole, o non si può adoperare la pila voltaica, si fa uso della boccia di leida.

PARTE SECONDA

Avvertenze circa l'uso della boccia di leida nell'elettrizzare gli ammalati.

1. Osservo prima di tutto che nell'elettrizzare a scosse mediante la boccia di leida egli è ben fatto incominciare a caricare la boccia con poca elettricità, e crescendone gradatamente la dose finchè si ottiene la scossa che l'ammalato sopporta facilmente, e che si crede bastante; e se ne dà allora quel numero che è prescritto, o che si giudica conveniente. Dissi di cominciare a caricare la boccia con poca elettricità e non con piccola tensione, perchè se la boccia avesse grande capacità, anco a caricarla a piccola tensione ci vuole tanta elettricità che potrebbe recare una scossa troppo forte.

che, se la corrente voltaica invade i nervi a seconda del loro andamento, avvi contrazione nei muscoli, ai quali i nervi stessi si diramano, e non quando la corrente gl'invade in senso contrario. Questo fenomeno combinato coll'altro che i muscoli si contraggono, qualunque sia la direzione con cui l'elettricità li trascorre, mi portò a conchiudere che la scossa doveva essere più forte nell'arto comunicante col polo negativo, e meno forte nell'altro. Veggasi la Nota sopra un fenomeno fisiologico prodotto dall'elettricità nel fascicolo del Dicembre 1829 della Biblioteca Universale di Ginevra.

Digitized by Google

2. Osservo inoltre che, quantunque s'insegni che quando la capacità della boccia non sia molto grande, cioè non abbia più di un piede quadrato di superficie armata, qualunque sia la quantità d' elettricità con cui è caricata, la scossa è sempre di egual forza, sebbene la tensione riesca più grande se la capacità della boccia sia minore, e tanto più grande quanto è più piccola la capacità; tuttavia importa di osservare che ciò si verifica sol quando le estremità de' due arti, per le quali deve entrare od uscire l' elettricità sieno coperte d' un pannolino bagnato, dal quale parta la striscia metallica per le comunicazioni colle armature della boccia. Ma quando le striscie metalliche fasciano parti coperte di pannilini o pannilani non bagnati, se la tensione è debole, può darsi che l' elettricità o non passi, o scorra solo in parte, e lentamente, e non produca veruna scossa.

3. Per elettrizzare a scosse colla boccia di leida, è ben fatto adoperar bocce di poca capacità. Così se per isbaglio qualche volta viene caricata più del solito non può portar danno. Quelle di cui io faccio uso hanno sì l' una che l' altra armatura non più estesa di un decimetro quadrato.

4. La prima scossa la dò sempre con carica assai debole, e la vado crescendo nelle successive finchè ottengo la scossa che stimo sufficiente o che tale è riputata dal medico o dall' ammalato. Noto allora la tensione a cui va caricata la bottiglia, ed il movimento operato col disco per ottenerla. E per conseguire ciò più facilmente, applico al piano, per cui passa il perno del disco, un cartone circolare con alcuni segni che ne dividono il circuito; ed il perno stesso porta un indice che gira al girar del disco. Così dai giri o frazioni di giro che si fanno desumo la quantità di fluido elettrico impiegato a caricar la boccia, ed anco la tensione dopo di averla osservata le prime volte coll' elettrometro.

5. E qui giova notare che, quando dai giri del disco vogliamo desumere la tensione, fa d' uopo che la rotazione si eseguisca sempre con eguale o poco differente velocità. E ciò perchè intanto che il conduttore s' investe di elettricità al girare del disco, una parte di essa viene trasmessa al suolo a cagione del non mai perfetto isolamento.

Digitized by Google

In una giornata delle più asciutte, alle ore due pomeridiane, mentre il termometro centigrado segnava + 15, e nell' ampia sala dov' era la macchina non trovavasi altra persona, la menzionata boccetta caricavasi a trentaquattro gradi dell' elettrometro a doppio quadrante del Volta, mediante due giri del disco, se erano eseguiti in tre minuti secondi, e se erano eseguiti in 10″, caricavasi a gradi 31; e se si impiegavano settantadue minuti secondi ad eseguire i due giri, la tensione a cui caricavasi la boccetta non era che di 18 gradi.

Vedesi per altro da questi risultati che nelle giornate favorevoli, nulla importerà che il tempo speso a compiere i giri stabiliti per caricar la boccia duri qualche secondo di più o di meno.

6. Avviene talvolta che la carica, colla quale si ottiene la scossa conveniente se la striscia metallica adoperata per le comunicazioni è applicata immediatamente sulla cute, non la produce se fra la striscia e la pelle sianvi una o più calze, o altri panni frapposti, il che avviene perchè la tensione a cui è carica la bottiglia non è forte abbastanza perchè la corrente o scarica possa vincere l' ostacolo opposto dal cattivo conduttore che deve attraversare, e quindi la boccia stessa o non si scarica, o solo in parte, o troppo lentamente. In simile caso se, per accrescere a sufficienza la tensione, si carica maggiormente, le scosse possono riuscire molto incomode all' ammalato: devesi perciò accrescere la tensione senz' aumentare la quantità di elettricità, usando una boccia di tanto minore capacità che, collo stesso giro del disco riesca caricata a tensione sufficientemente più grande.

Molte volte è a me accaduto di dover sostituire alle consuete bocce, una di soli 50 centimetri quadrati di superficie armata, e qualche volta ho dovuto passare anche ad una boccetta di soli 30 centimetri quadrati di armatura, per ottenere con la solita quantità di fluido elettrico la tensione sufficiente a vincere l' ostacolo opposto alla scarica dalle calze della persona da elettrizzarsi.

Digitized by Google

Cure eseguite coll' elettricità somministrata dalle macchine elettriche.

Ipocondriasi guarita.

Il Sacerdote sig. D. Bardoni Parroco di una villa, era da molto tempo travagliato da pertinace malinconia che tenevalo bene spesso mesto, taciturno e piangente; e senza che ne apparisse veruna cagione, nè a lui, nè ad altri. Nella state del 1853 egli venne un giorno nel Gabinetto fisico di questa Università, non so se per consiglio d' altri o suo proprio, per farsi elettrizzare. Visto in lui un soggetto di buon colore, ben nutrito, vantaggiato della persona, e, per quanto appariva, sano, robusto e forte, cominciai ad elettrizzarlo *a bagno* e, mentre stava sullo sgabello isolante, io traeva molte scintille, da principio corte, poscia lunghe dai cinque ai dieci centimetri dalle braccia, dalle spalle, e più dalla schiena lungo la spina dorsale dell' individuo. Poscia lo elettrizzai con sessanta piccole scosse mediante la boccia di capacità *uno*, cioè avente il vetro d' un millimetro di grossezza, e di un decimetro quadrato la superficie armata internamente ed esternamente, carica dai dodici ai quindici gradi del solito elettrometro a doppio quadrante. E finalmente gli diedi altre dieci scosse più forti perchè adoperai una boccia di capacità *cinque*, e carica alla tensione di quattro gradi. Queste ultime scosse sono sentite benissimo da una catena di duecento persone non isolate. Ed io le amministrai al soggetto di cui parliamo, perchè prendevale con gran piacere, e diceva sentirsi esilarare dalle medesime. La seduta durò un' ora e mezzo; e il sig. D. Bardoni partì ben contento del rimedio adoperato. Io non lo vidi più; ma dopo otto mesi mi ha fatto sapere che, da quel giorno, egli si trovò guarito, e stava benissimo. E dopo altri due anni mi fu ripetuta l'eguale notizia da persone amiche dello stesso Parroco.

Paralisi notabilmente scemata.

Il 10 Gennaio del 1854 cominciai ad elettrizzare Francesco Parenti d' anni cinquantanove affetto da otto mesi da pa-

Digitized by Google

ralisi incompleta al lato sinistro in conseguenza di apoplessia. Egli era obbligato a sostenere il braccio mediante un fazzoletto al collo, nessun movimento poteva eseguire nè colla mano, nè colle dita, e solo poteva sollevare un pochetto l'avambraccio. C'era meno male nell'arto inferiore, poichè reggevasi in piedi per qualche momento senza bastone; ed aiutandosi con questo poteva camminare; ma con istento e zoppicando.

Dopo le prime piccole scosse date per esplorare come l'infermo le sopportava, gliene diedi dodici colla boccia di capacità *uno* carica alla tensione di 25 gradi del solito elettrometro. E lo trattai egualmente in alcuni altri giorni, e sempre dirigendo le scariche, ora dalla mano inferma alla gamba, ed ora da questa a quella.

In ciascuno de' giorni 26, 27, 28 Gennaio, e 1°. Febbraio gli diedi ventiquattro scosse.

Ne' giorni 3, 4, 6, 8, 10 e 11 Febbraio, scosse trenta.

Ne' giorni 13, 14, 15 e 18 detto mese, scosse trentacinque.

Il 20, 21, 22 e 23, scosse quaranta.

Il 3 e 4 Marzo, scosse quarantadue.

Li 6, 8, 10, 13, 14, 15, 17 e 18, scosse quarantacinque.

Li 20, 21, 22 e 24 del detto mese, scosse cinquanta.

Li 27, 28, 30 e 31, scosse sessanta.

Li 3, 4, 5, 6, 7, 28 e 29 Aprile, scosse settanta.

Nelle ventiquattro sedute del mese di Maggio, scosse settanta;

E settanta scosse e della stessa forza di tutte le precedenti le diedi pure nelle due sedute de' giorni 2 e 3 del successivo mese di Giugno, e queste furono le ultime.

Il Parenti migliorò gradatamente sino al punto di poter portare il braccio alla fronte, e la mano a qualunque parte della testa, muovere speditamente le dita, eccettuati l'anulare ed il mignolo ch'erano ancora alquanto torpidi, camminare senza bastone, ed anco per istrada, e zoppicando molto meno che prima della cura.

Lo rividi all'autunno avanzato, e stava anche meglio, e dicevami che il miglioramento proseguiva sempre.

Digitized by Google

Altra cura di paralisi seguita da miglioramento.

Giovanni Righi tintore di circa 40 anni, paralitico al lato sinistro e specialmenle al braccio, per cui tenevalo sempre immobile in una saccoccia, quantunque potesse muovere qualche poco e il braccio e la mano, elettrizzato alla maniera del Parenti, in cinquanta sedute ne' due mesi d'Aprile e Maggio 1854, nelle ultime delle quali il numero delle scosse era portato a settanta, guadagnò e nella forza e ne' movimenti del braccio e della mano quanto bastava per poter attendere al macinamento de' colori. E di ciò contento, terminò la cura.

Altra cura di paralisi seguita da notabile miglioramento.

Antonio Càperle di Verona di anni 28, cameriere di locanda venne il 18 Settembre 1854 al Gabinetto fisico e mi narrò:

Che la mattina del 13 Luglio dell'anno stesso, appena svegliato sentì qualche formicolamento alle gambe, cosa di cui non fece caso perchè accadutagli altre volte per aver dormito, come quella notte, su di un tavolino:

Che lungo la giornata provò degli abbarbagliamenti o forse degli appannamenti (*telarade* egli diceva) alla vista, ai quali pure non prestò molta attenzione credendoli fenomeni di nessuna conseguenza, e derivanti dall' aver dormito poco le notti precedenti:

Che la mattina del dì 14 seguente, poco dopo che si era alzato sentì de' formicolamenti alle gambe e cadde; e non potè rialzarsi perchè il braccio e la gamba del lato manco erano paralizzati, ed aveva di più difficoltata la favella, perchè la lingua era grossa, o tale parevagli divenuta:

Che fu sempre presente a se stesso, e ricorda ogni più minuta circostanza dell'accaduto.

Che gli emetici, i salassi e le mignatte, in pochi giorni sciolsero la lingua, e fecero cessare la gravezza che sentiva al capo dal momento della caduta:

Che finalmente altri rimedi interni, li senapismi, ed i vescicanti alla nuca, al braccio, alla gamba inferma, non recarono alcun giovamento a lui percettibile.

Digitized by Google

Egli camminava a stento appoggiato al braccio d'un suo compagno; e molto torpore era nel braccio e nella mano, e quindi incompleti erano i movimenti.

Elettrizzato per diciotto giorni di seguito alla maniera che aveva adoperata coi precedenti, il Càperle andava gradatamente migliorando. Egli dovette quindi andare a Ferrara, e di là, dopo tre mesi, mi fece sapere che, avendo proseguita ancora per qualche tempo la cura elettrica, si trovò rimesso abbastanza per poter ripigliare colà, come fece, l'ufficio di cameriere di locanda.

Cura di un torpore cronico alle ginocchia e ad un piede con dolori e gonfiezze, seguita da guarigione.

Il sig. Giuseppe Tampellini di Modena per aver dimorato abitualmente per parecchie ore del giorno dal 1838 in avanti in una stanza sotterranea per eseguire operazioni risguardanti la sua professione di caffettiere, ha perduto a poco a poco l'abituale abbondante traspirazione degli arti inferiori. Nè ciò gli recò verun sensibile incomodo, tranne che lo stare in piedi stancavalo più di prima. Nel 1848 abbandonò la stanza sotterranea; ma non per questo si rianimò il sudore già da circa quattro anni affatto spento. Nel 1850 poi ebbe una gonfiezza al piede destro con dolore che l'obbligò a letto per parecchi giorni. Ma fu nell'autunno del 1854 che il Tampellini cominciò ad accusare un *legamento* o torpore al ginocchio destro. Ed essendo andato, mentre trovavasi a Bologna, al Santuario detto la Madonna del Monte, quando fu a mezzo della salita sentì un dolore improvviso al ginocchio che l'obbligò a fermarsi per circa un'ora prima d'intraprendere a fare il resto della salita. Tornato a Modena fu obbligato a letto per più d'un mese per rimettersi dalla enorme stanchezza venutagli per quella gita che gli era riuscita faticosissima.

Il torpore e la gonfiezza de' ginocchi, curata inutilmente con empiastri ammollienti e mignatte, ebbero poi qualche miglioramento dalla docciatura: ma avvenne che, dopo una serie di ventiquattro bagni praticati ad Abano, lo stato del Tampellini deteriorò di nuovo.

Digitized by Google

Finalmente nella primavera del 1856 il sig. Carlo Bertoni copista presso la Cancelleria di questa Università, testimonio dei vantaggi conseguiti da parecchi paralitici che in questo Gabinetto si vanno elettrizzando, suggerì al Tampellini di assoggettarsi ad una cura elettrica.

Siccome la malattia era provenuta da soppressione di traspirazione: così pensai di far uso della macchina elettrica e non della corona di tazze voltaica per non dover applicar panni umidi sulla cute dell'ammalato.

Pertanto si cominciò dal farlo sedere sullo sgabello isolante, e, messo in comunicazione colla macchina, girando a quando a quando il disco, fu elettrizzato per qualche minuto col semplice *bagno elettrico*. Poi si trassero scintille dalle coscie, dalle ginocchia e dalle gambe accostando a varii punti una sfera metallica portata da un cilindro comunicante col suolo umido mediante una lunga striscia di piombo. Le scintille si traevano specialmente dalle regioni nelle quali l'ammalato accusava maggior torpore. La lunghezza delle scintille era da due a tre centimetri o poco più; e di queste circa centocinquanta in otto minuti. Così si proseguì per dieci giorni aumentando ogni due il numero delle scintille, che venne portato sino a 250.

L'ammalato ebbe grande conforto fin da questo principio di cura vedendo ravvivarsi qualche poco il sudore negli arti elettrizzati (cosa da lungo tempo desiderata) e minorare insieme la difficoltà di camminare. In vista del quale buon effetto si è creduto bene di accrescere la forza delle scintille traendole, nelle successive sedute, della lunghezza di otto a dieci centimetri. Tali scintille producevano delle ben risentite contrazioni ne' muscoli in vicinanza de' punti d'onde scoccavano. Di queste per altro se ne traeva un minor numero, cioè non mai più di cento in una seduta. E anco di queste sedute se ne fecero dieci, e con vantaggio sempre crescente.

La cura si proseguì con alacrità per altri venticinque giorni, ne' quali, oltre che con un buon numero di scintille più o meno forti, venne il signor Tampellini trattato anche con delle scosse. E queste si davano mediante la già accennata boccia di Leida di capacità *uno*, caricata a dieci o al più quindici gradi del

Digitized by Google

mentovato elettrometro del Volta. Una striscia di piombo comunicante coll' armatura esterna della boccia fasciava coll'altra estremità una gamba in vicinanza del malleolo, e la sfera sporgente dall'armatura interna, quando volevasi dare la scossa, portavasi a contatto d'una seconda striscia di piombo, la quale fasciava l'altra gamba nella suddetta regione. Le scariche, per un certo numero di scosse, dirigevansi dall'arto destro al sinistro, e per un altro egual numero dal sinistro al destro. Di siffatte scosse, nelle prime sedute che se ne fece uso, non se ne davano più di dodici, e se n'accrebbe il numero gradatamente e al segno che nelle ultime sedute se ne davano trenta.

Con questa cura, che durò quarantacinque giorni, risanò così bene il signor Tampellini che poteva, anco alcuni giorni prima che terminasse, salire con ispeditezza le scale. Ed il sudore copioso, ritornato abituale, negli ordinarii esercizii, e durante il riposo notturno, prometteva stabilità di guarigione. Parve nell'autunno di quell'anno stesso che scemassero i sudori, e fosse minacciato il torpore: ma era forse mero effetto della scemata temperatura. Tornò il Tampellini per alcuni giorni alla macchina elettrica: e d' allora in poi, e sono più di tre anni, più non ebbe il menomo indizio di quell'antico e diuturno malore.

Emiplegia curata con notabili vantaggi.

Filomena Marzoni all'età di 14 anni era stata colpita da apoplessia, e rimase, a malgrado degli apprestati rimedii, paralitica al lato sinistro, e al segno che non poteva più camminare, e, senz' appoggio, non poteva neppure reggersi in piedi. Fu sottoposta allora (1853), mediante la corona di tazze del Volta ad una cura elettrica, la quale consisteva in qualche centinajo di scosse date dirigendo la corrente dalla mano inferma alla sana, ed altrettanto dirigendola al contrario; e facendo seguire ad ogni centinajo di scosse un circuito elettrico per due o tre minuti primi, e adoperando venti o trenta o al più quaranta coppie. In oltre facevasi altrettanto agli arti inferiori.

Da quella cura poco o nulla guadagnò il braccio; l' arto inferiore per altro ricuperò forza bastante perchè l'inferma po-

Digitized by Google

tesse senz' appoggio reggersi in piedi, e, mediante l'appoggio d'una persona, camminare senza grave stento.

Dopo quattro anni, e mentre ancora trovavasi nello stato ora descritto, fu fatta visitare da un ciarlatano girovago che godeva presso il volgo buona riputazione. E da esso fu consigliata a far uso della macchina elettrica.

Accompagnata dalla madre al Gabinetto fisico al principio del Marzo 1857, ho cominciato ad amministrarle il bagno elettrico, e mentre la giovane Marzoni stava seduta su d'una scranna sullo sgabello isolante, ed in comunicazione colla macchina, io traeva cinquanta o sessanta scintille dalle parti inferme, e poi altrettante dal bevitore della macchina, e poi ancora dalla sfera d'un bastone metallico tenuto a contatto della mano inferma, come ho detto ai paragrafi 2, 3 e 4 della parte prima di questa Memoria. Delle quali scintille, non poche se ne traevano lunghe abbastanza da essere accompagnate da contrazioni muscolari.

Ne' successivi mesi di Aprile, Maggio e Giugno si aggiunsero alle scintille un centinajo di scosse date colla solita boccia di capacità *uno*, e carica fra i dodici e quindici gradi del solito elettrometro, e dirette dalla gamba alla mano inferma, ed altrettante da una coscia all'altra. Queste si davano ponendo in comunicazione coll' armatura esterna della boccia un' estremità della striscia di piombo, la quale coll'altra circondava una coscia al di sopra del ginocchio, e portando la sferetta della boccia carica a contatto della striscia che circondava l'altra coscia.

Queste ultime scosse si amministravano per promuovere i corsi mensili che la giovane inferma aveva sempre veduti molto irregolari e scarsi dall' epoca dell' apoplessia in poi. E il dì 3 di Maggio venne al Gabinetto molto più lieta dell'usato, perchè era ricomparsa la mestruazione che da sette mesi mancava affatto.

Siffatte elettrizzazioni (cinque o al più sei ogni settimana) vennèro continuate fino al 21 del mese di Luglio.

Per nulla omettere circa la storia di questa cura, dirò che nella penultima settimana, cioè dal dì 9 al 15 Luglio, per aderire al desiderio dell' inferma, venne trattata coll' elettricità voltaica.

Digitized by Google

Il giorno 9 s'impiegò un apparecchio a corona di venti coppie usuali, lustre, ed allestite con acqua mediocremente salata. Le prime cento scosse si diedero dirigendole dalla mano inferma alla sana, e le altre dirigendole da questa a quella. Tali scosse, specialmente nella mano inferma, riuscivano molto vigorose.

Il giorno 10, se ne diede un centinajo dirette dalla mano inferma alla sana, ed altre tre centinaja dirette al contrario. Anco queste per la massima parte furono date con coppie venti, ed alcune con trenta. In quello stesso giorno l'inferma fu anco assoggettata a qualche breve circolo.

Il dì 12 si somministrarono 250 scosse con coppie venti, centocinquanta con trenta, e quattro con quaranta. Ed altrettanto si fece in ciascuno degli altri tre giorni 13, 14 e 15.

Il 18 Aprile dell'anno successivo 1858 la Filomena Marzoni vedendo ritardato di molti giorni il corso mensile tornò a ripigliare le elettrizzazioni col metodo dell'anno antecedente, aumentato però il numero delle scosse da una coscia all'altra fino a 120 ogni giorno. E dopo la quarta elettrizzazione, ricomparve il tributo mensile. Tuttavia le elettrizzazioni si proseguirono fino al giorno 12 del successivo Maggio.

Questa cura, oltre ad aver procurato alla giovine un ben essere generale, e la regolarità de' fiori menstruali, le fece guadagnare molti movimenti ne' diti della mano inferma, eccettuato il pollice che rimase, com'era, flesso, e restio ad ogni moto volontario. Ricuperò ne' muscoli della coscia e della gamba inferma tanto di forza da poter camminare, zoppicando bensì, ma da sola e senza appoggio. E tanta ne guadagnò nei muscoli dorsali o lombari, che non cadeva più curvata sul lato sinistro, come faceva prima della cura, ma stava ritta. La quale circostanza le recava il vantaggio di poter far calze colla mano destra. Di più è cessata l'enorme gonfiezza che suoleva venire alla mano inferma ogni autunno, e durare tutto l'inverno, e quantunque quello del 1858 fosse più lungamente rigido de' cinque precedenti. E tutti questi vantaggi ottenuti persistono.

Digitized by Google

LETTERA DI A. VOLTA, *AL PROF. VASSALLI-EAUDI DI TORINO* (1)

Con moltissima soddisfazione ho ricevuto prima da V. S. Illustrissima l'avviso di essere stato eletto membro di cotesta R. Accademia delle Scienze, indi la partecipazione in forma, e la patente del meritevolissimo Segretario, al quale, siccome al Corpo tutto, prego Lei di passare i miei più vivi ringraziamenti per tanto onore compartitomi, e giacchè Ella mi scrisse, che avea la Società avuto piacere della communicazione, che V. S. Illuss.ma Le fece dell'altra mia lettera contenente una parte delle mie idee sulla pretesa elettricità animale, sperando che ne possa egualmente aggradire la continuazione, questa a Lei pure dirigo, e mi dispenso dallo scrivere altre lettere, ed altri ringraziamenti pregando lei di fare in tutto le mie parti.

Del resto quando ho posta tutta la cura, acciò le due armature metalliche applicate o ai membri della rana immediatamente, o all'acqua, o corpi bagnati tra cui trovasi la medesima collocata, fossero al più possibile simili, quando ho impiegato da una parte, e dall'altra lastrette o fili d'oro, o d'argento della medesima pasta, non ho mai, o quasi mai, veduto eccitarsi le convulsioni nella rana all'atto di far comunicar tra loro, sia con immediato contatto, sia mediante un altro arco metallico, tali armature simili, per vivace che fosse l'animaletto, e preparato di fresco nella miglior maniera. Dico quasi mai per cautela e perchè talvolta ebbesi pure alcun debole effetto; quale però ho tutta la ragione, di attribuire alla non perfettissima eguaglianza di dette armature, all'essersi pur trovate in qualche cosa dissimili.

Dopo tutto questo se Galvani od altri vorranno ancora sostenere, che nei casi almeno in cui servono ad eccitare le contrazioni, e moti gagliardi, e deboli pella rana preparata alla sua maniera due metalli simili, o i due capi dello stesso pezzo di

(1) Crediamo far cosa molto grata ai lettori pubblicando per la prima volta la presente lettera che porta la data di *Pavia li* 21 *Marzo* 1794.

Digitized by Google

metallo, la massa al fluido elettrico non può venir data se non dagli organi dell'animale, e che però sussiste, nel senso da lui inteso la vera elettricità animale, io risponderò negando, che siano perfettamente e in tutto uguali tai metalli, allorchè si ottengono gli effetti di cui si tratta, dirò che differiscono e pel calore, e per la tempera, o per il polimento, e nitidezza: le quali circostanze ho provato aver non poca influenza, e indurre non minor differenza in ordine alla virtù di smuovere il fluido elettrico nell'acqua, o corpi umidi dal metallo combaciati, di quella interviene naturalmente tra alcuni metalli di qualità diversa; sta a Galvani a provare, che niuna minima differenza si trovi rispetto a tali modificazioni, e ad altre non conosciute, che per avventura influir possano; niuna dico percettibile ed impercettibile differenza tra il capo metallico che s'intinge in un bicchiere, e quello intinto nell'altro o sia che si applicano quinci alle gambe posteriori della rana, e quindi alla parte superiore dei nervi, o al tronco (il che non proverà egli mai), mentre io ho provato già, che la diversità di metalli, sia sostanziale, sia accidentale, è valevole a smuovere il fluido elettrico con forza bastante a produrre quegli effetti, che i metalli identici e simili affatto non son atti ad eccitare. Epperò se questo principio, se tale voglio dire attività metallica scoperta, e dimostrata evidentemente basta, a che ricorrere ad un altro principio, che non è che pura supposizione, di un naturale sbilancio cioè di fluido elettrico negli organi animali? Stiamo a quello che è direttamente, ed indubitatamente provato.

È provato ed è un fatto che applicando l'apice della lingua ad una lamina di stagno o meglio di zinco, oppure intingendola nell'acqua di un bicchiere in cui pesca esso zinco, e venendo poscia a toccar questo metallo con una lastra d'argento impugnata nella mano umida, o meglio ad ambe mani, essa punta della lingua sente un vivo sapor acido, e che questo viene eccitato da una corrente elettrica, che passa dallo stagno o zinco, alla lingua e vi penetra, non altrimenti che se detta punta trovisi applicata al primo conduttore della macchina elettrizzata positivamente, oppur intinta nell'acqua di un vaso annessovi, colla quale elettricità artificiale sente lo stesso sapor acido; è provato, che invertendo l'esperienza, sicchè l'argento

Digitized by Google

in vece del zinco guardi la lingua, senta questa o niun sapore, o un altro assai diverso dal primo, acre cioè, urente, e quasi alcalino, non altrimenti che portando la punta della lingua contro il conduttore a cuscini della macchina od altro elettrizzato negativamente, è evidente prova, che cotal sapore, alcalino, quando pure si eccita, il che riesce più difficile, proviene dal fluido elettrico, che sorte dalla lingua. Dunque la punta della lingua quanto è da se, non tende nè a dare nè a ricevere fluido elettrico; ma ne riceve o dà per forza propria o dei metalli diversi, e secondo che è il zinco o l'argento che le stà applicato o immediatamente, o anche mediante un corpo d'acqua, od altro bagnato. Quello che dico dell'argento o dello zinco, intendasi di due altri metalli diversi o di specie, o sostanzialmente, o per una od altra accidentale modificazione, colla sola differenza, che gli effetti sono tanto meno energici, quanto meno differiscono tra loro i metalli nella virtù di spingere o di attrarre il fluido elettrico posto il combaciamento dei corpi umidi.

A quello che dico della lingua applichisi anche ai muscoli, e nervi inservienti al loro moto anzi pure ai nervi soli, giacchè per eccitare le contrazioni dei muscoli volontarj non è punto necessario tradurre il fluido elettrico da questi a quelli, o da quelli a questi, ma basta fare che scorra per un brevissimo tratto del nervo solo, serrando e. g. dolcemente con una pinzetta d'argento il tronco nervoso dove che sia e poco sopra, o poco sotto, anche alla distanza di una sola linea, serrandolo con altra pinzetta di ferro, di stagno o meglio di zinco; indi facendo toccare a dirittura una pinzetta all'altra, oppur unendole con altro intermedio metallo; puossi mai qui supporre alcun preesistente sbilancio di fluido elettrico fra due porzioni vicinissime dell'istesso nervo? Nò, ma il contatto dei due metalli disuguali in forza smove il fluido ivi, tanto che eccita con tale stimolo l'energia nervosa, ne nascono nei muscoli soggetti le contrazioni, in qual modo non sappiamo ancora qual nervo insomma tocco da due metalli diversi vien punto, e stuzzicato, non altrimenti che coi medesimi vengono stuzzicati sulla punta della lingua i nervi del gusto e in fondo all'occhio quelli della visione, nelle altre sperienze già riferite.

È dunque stabilita l'azione in vero mirabile di metalli col

Digitized by Google

fluido elettrico allorchè vengono quelli applicati all'acqua o ad altri fluidi conduttori, od a corpi impregnatine, e quanto più riconoscesi questa che io chiamo *elettricità metallica*, attiva ed estesa, tanto più svaniscono le prevenzioni per quell'altra, che da Galvani fu chiamata *elettricità animale*, e come tale intesa, e tenuta anche da me sul principio: la quale poi a mio parere cade del tutto, se si rifletta che fuori dei metalli, delle miniere metalliche, e del carbone di legno (il quale per la virtù di cui si tratta, non meno che per quella di esser buonissimo conduttore va posta in compagnia di metalli) niun altro conduttore vale a produrre alcun movimento nei muscoli della rana la più vivace o meglio preparata. E perchè se trovasi il fluido elettrico sbilanciato negli organi dell'animale, in guisa, che sovrabbondi nelle parti superiori del corpo rispetto alle inferiori o viceversa, come ha preteso Galvani nei nervi, o nell'interno dei muscoli in cui s'impiantano i nervi, rispetto all'esterno di muscoli medesimi, come ha preteso Galvani, o in altra immaginabile maniera; perchè se trovasi sbilanciato e. g. in una rana preparata, le di cui gambe posteriori pescano in un bicchiere d'acqua, e il tronco collo spinal midollo in un altro, e se questa è la ragione per cui indotta la comunicazione da un bicchiere all' altro con un arco metallico si scuotono quelle gambe per l'impeto che fa il fluido portandosi all'equilibrio, perchè, domando, non succedono, gli stessi moti, perchè rimane la rana perfettamente quieta adoperando per arco conduttore in vece di metalli una corda, un legno, un cartone ec. non che bagnati, ma grondanti d'acqua, intingendo ne' bicchieri due dita, e neppure le mani intiere?

Non mi venite a dire, che sieno questi non abbastanza buoni conduttori; poichè io vi risponderò, che lo sono, anche più del bisogno, come mostrano le sperienze, che ho sin da principio riferite, ed altre in cui due, tre, o quattro persone fino 15 e 20 e delle liste di panno, e di carton bagnato, e lunghi tratti di parimente umido, non impediscono entrando nel circolo, che la rana preparata venga scossa, che la punta della lingua senta il sapore ec. Sol che una parte qualunque di tal circolo, vicina, o lontana da essa rana, o da essa lingua, formisi da due metalli diversi comunicanti fra loro o per im-

Digitized by Google

mediato contatto o per altri intermedii metalli. Ma se dunque una fila di persone è abbastanza conduttore per lasciar passare in queste sperienze la corrente di fluido elettrico, onde viene scossa la rana, come potrà dirsi che non sia abbastanza buon conduttore una persona sola, che intinge una mano nell'acqua di un bicchiere, e l'altra nell'altro per promuovere, ed effettuare prontamente la scarica del fluido elettrico, che pretendesi accumulato da una parte, all'altra supposta mancante della rana, che pesca di quà coi piedi, di là col tronco ne' due bicchieri? Diciam piuttosto che non esiste tal carica, tal eccesso, e difetto di fluido elettrico ne' rispettivi organi dell' animale, che il fluido elettrico vi è in perfetto equilibrio, come in tutti gli altri corpi, e però l' arco conduttore formato da una e più persone, da un panno, od altro corpo bagnato, non produce alcun effetto, che se succedono gli effetti quando intervengono de' metalli, ciò prova evidentemente che il loro contatto ed applicazione a corpi umidi deferenti, o all' acqua medesima, o induce un movimento del fluido elettrico dianzi quieto, ed inequilibrio, lo impella come che sia, o lo tira, e sì un metallo più che l' altro come vien tratto esso fluido, ove il circolo de' conduttori non sia interrotto in un giro continuo; che insomma i metalli non si comportano come semplici conduttori, ma come veri *motori* ed *eccitatori* di *elettricità*. Tutta dunque la magìa sta nei metalli. Il resto un altra volta, ora sono di fretta colla solita stima ed amicizia.

Pavia, 21 Marzo 1794.

Digitized by Google

DELLA CURA ELETTRICA APPRESTATA CON NOTABILI VANTAGGI AD UN PARAPLEGIACO, E DEI FENOMENI OSSERVATI NELL' ULTIMO PERIODO DI ESSA CURA; MEMORIA DEL PROFESSORE STEFANO MARIANINI.

PARTE PRIMA.

Storia della cura apprestata da principio mediante l'elettricità ordinaria, e poscia mediante la voltaica.

Giovanni Zamboni falegname d'anni 50 aveva già da cinque anni le cosce, le gambe ed i piedi contratti in modo che camminava a stento e con passi brevissimi, sempre in punta di piedi, colle ginocchia piegate, e chinato. Stando in piedi non poteva toccar terra co' talloni, nè raddrizzar le gambe, nè star ritto col resto della persona. Coricato non poteva stare che colle gambe contratte e supino, e con dolori quasi continui ed a quando a quando assai forti; per cui i sonni erano spesso interrotti. L'impossibilità di giacere sui fianchi, ed i frequenti granchi gli rendevano anco più penose le ore destinate al riposo. Egli aveva di più un notabile torpore alle braccia per cui gli riusciva molto faticoso il lavorare. Uomo di temperamento sanguigno, assai robusto, laborioso e tollerante, si ridusse a quello stato a poco a poco per ripetuti reumi contratti per abituale negligenza di curarsi dopo essere stato esposto a soppressione di traspirazione. Ma finalmente vedutosi ridotto nello stato sopradescritto, temendo che, col progredire del male più non potesse lavorare nel suo mestiere, ricorse ai sussidii medici. Mediante questi il male non ha deteriorato, ma neppure scemò; e dopo cinque anni che vedeva stazionaria la sua infelice condizione, accolse il consiglio del sig. Dottore di Matematica Conte Leonardo Salimbeni, di ricorrere alla elettricità.

Il primo di Maggio del 1855 venne l'infermo al Gabinetto fisico di questa Università. Erano allora recenti gl' insigni vantaggi ottenuti dal paralitico Francesco Parenti (1), mediante

(1) Vedi la Memoria *di alcune maniere di applicare l'elettricità* ec. inserita anch'essa nel Tomo I della Serie II delle Memorie della Società Italiana delle Scienze.

Digitized by Google

la boccia di Leida; e ciò mi determinò a cominciare ad elettrizzare col detto congegno anche il Zamboni.

Le scosse venivano date con una boccia di capacità *uno*, cioè avente un decimetro quadrato di superficie armata internamente ed esternamente, ed un millimetro di grossezza il vetro; e questa veniva caricata alla tensione di quindici, venti o al più venticinque gradi dell'elettrometro a doppio quadrante del Volta. L'armatura esterna si faceva comunicare mediante una striscia di piombo colla estremità inferiore della gamba destra, e l'armatura interna colla mano sinistra; e si davano trenta scosse; e poscia altrettante dirigendo la scarica dalla mano destra alla gamba sinistra. Così si andava ripetendo siffatta elettrizzazione ogni tre o quattro giorni, non potendo il Zamboni recarsi con più frequenza a Modena, abitando egli a due miglia di distanza. Il numero delle scosse si andò di volta in volta aumentanto, e le ultime cinque volte se ne diedero sessanta dirette dalla mano sinistra alla gamba destra, ed altrettante dalla destra mano alla gamba sinistra.

I vantaggi conseguiti mediante questo trattamento che fu proseguito per due mesi e parecchi giorni, cioè fino alla comparsa del coléra in questa città e ne' suoi contorni, furono la cessazione del torpore alle braccia, per cui il Zamboni poteva lavorare con meno fatica e pena, e la quasi cessazione dei dolori che lo travagliavano specialmente la notte. Inoltre i granchi si fecero molto meno frequenti.

Siffatti miglioramenti cominciarono durante la cura elettrica suddetta, e, proseguendo, giunsero al segno che ho detto verso la fine del successivo Ottobre.

Rimanevano l'inflessibilità, e l'inestensibilità delle ginocchia e delle articolazioni de' piedi, e l'impossibilità di giacere sui fianchi. Il camminare dell'infermo pareva faticoso e stentato come prima della cura, sebbene egli mi assicurasse di sentirsi più forte.

Mancando al Zamboni i mezzi di trasporto, e perchè avrebbe sottratte troppe ore al lavoro il recarsi a piedi a Modena, egli non ripigliò la cura se non nell'Agosto dell'anno successivo 1856. E perchè la stagione manteneva allora nel Gabinetto fisico una temperatura non mai minore di venticinque gradi

Digitized by Google

nelle ore meridiane, nelle quali egli capitava, e quindi non poteva nuocergli lo involgere i piedi con cuscinetti bagnati nell'acqua tiepida; così volli assoggettarlo a scosse ed a correnti elettriche mediante l'apparecchio voltaico a corona di tazze.

Fasciato adunque l'uno e l'altro piede con cuscinetto bagnato nell'acqua salata, io ne circondava uno con una striscia di piombo proveniente da un polo dell'elettromotore, e faceva partire dall'altro cuscinetto una seconda striscia, l'estremità libera della quale era destinata a chiudere il circolo quando volevansi scuotere gli arti dell'infermo, o agire su di essi colla corrente continua. Le scosse io le dava battendo l'estremità della detta striscia sul dorso d'una delle coppie verso l'altro polo; ovvero stabiliva de' circuiti immergendo l'estremità della striscia in uno de' bicchieri.

In questa guisa si dava duecento scosse dirigendo la corrente dalla gamba sinistra alla destra, ed altrettante dirigendole da questa a quella: ed impiegava quaranta, o cinquanta, od al più sessanta coppie ne' primi giorni. Ed in seguito, veduto qualche buon effetto, si portò il numero delle scosse prima a seicento, e poi a ottocento, e impiegando da sessanta a ottanta coppie, e, per qualche ventina di scosse anco cento coppie.

Dopo le scosse assoggettava l'infermo a qualche circolo elettrico, immergendo l'estremità della striscia plumbea nella vigesima tazza (ritenendo per prima quella in cui pescava sempre l'altra striscia), e lasciandola immersa da cinque a sei minuti secondi, poi per altrettanto tempo nella quarantesima, nella 60ª, nella 80ª, e nella 100ª, tazza. Lasciava quindi riposare per qualche minuto primo la corona di tazze perchè ripigliasse la forza perduta durante i circuiti; e così per tre, o quattro, o anco cinque volte.

Già dopo la terza elettrizzazione il Zamboni diceva sentirsi crescere la forza, e che stando a letto poteva distendere qualche poco le gambe. Dopo l'ottava elettrizzazione diceva che stava sempre meglio, e che sentivasi *slegati i lombi*. Dopo la duodecima camminava, non più in punta di piedi, ma poggiando anche il tallone, e quindi con molto minor fatica. Egli camminava pur sempre colle ginocchia piegate: ma, fermandosi,

Digitized by Google

faceva cessare la curvatura delle ginocchia e collocavasi ritto, cosa non mai avvenuta ne' precedenti sei anni, e quindi, per l'infermo, di grande conforto.

Dopo la decimasesta elettrizzazione le gambe del Zamboni, con sole quaranta coppie, si scuotevano più fortemente, che non da principio con sessanta:

Sospesa la cura verso l'equinozio a motivo della non propizia stagione, tornò il Zamboni a ripigliarla il primo di Maggio dell' anno successivo 1857. E narrava che ne' sette mesi trascorsi dall' ultima volta che ci vedemmo, nulla perdè di ciò che aveva acquistato nella state antecedente.

Si ripigliarono soltanto le elettrizzazioni col metodo antecedentemente praticato, e quanto alla forza degli elettromotori, e quanto al numero delle coppie e de' circoli elettrici. Ma per incomodi gastrici sopravvenuti all' infermo, dopo cinque elettrizzazioni, il giorno 20 dello stesso mese venne sospesa la cura, la quale non si ripigliò che dopo due mesi e mezzo.

Il 5 Agosto adunque venne elettrizzato l'infermo col metodo già praticato, e con elettromotore un po' più energico perchè allestito con acqua quasi satura di sal comune. Il numero delle scosse in ogni elettrizzazione fu portato a mille. Non tutte per altro si davano con egual numero di coppie. Le prime due centurie si davano con cinquanta coppie, le seconde con sessanta, le due successive con ottanta, le altre con novanta, e le ultime con cento; aggiungendo parecchi circoli. E così fino al 17 del successivo Settembre.

Durante quest'ultimo periodo di cura, molto guadagnò il Zamboni nella flessibilità de' suoi arti, oltre la cessazione dei granchi e dei dolori, per cui il riposo della notte riuscivagli sommamente ristorante.

La stagione fattasi meno propizia persuase di terminare la cura, la quale in questo ultimo periodo era accompagnata da un fenomeno che l'infermo andava presentando: fenomeno analogo o eguale ad altri presentati da infermi affetti da paraplegia da me trattati colla elettricità voltaica. Il fenomeno consiste nel provare l'infermo a quando a quando, durante l'elettrizzazione o sensazioni particolari, o contrazioni più forti delle altre. Ma di questo ho creduto conveniente trattare a parte

Digitized by Google

nella seguente storia, alla quale potrà ricorrere anche il lettore che amasse conoscere con precisione il trattamento elettrico al quale venne assoggettato il Zamboni in quest'ultimo periodo della sua cura.

PARTE SECONDA.

Sopra i fenomeni elettro-fisiologici presentati dal paraplegiaco Giovanni Zamboni durante l'ultimo periodo della cura elettrica alla quale venne assoggettato.

Fu nella state dell'anno 1857 che, elettrizzando il falegname Zamboni avvennemi di osservare qualche fenomeno elettro-fisiologico analogo ad altri da me osservati or sono circa trent'anni nell'amministrare l'elettricità a tre individui pure affetti da paraplegia. I fenomeni allora osservati sono quelli de' quali parlo nell'appendice alla mia prima Memoria di alcune paralisi curate coll'elettricità voltaica (1). In uno di quegl'individui (Giov. Battista Forcolin) il fenomeno consisteva principalmente nel provare esso, dopo un certo numero di scosse, una scossa accompagnata da dolore alla regione dei lombi. E negli altri due (Pietro Martinuzzi e Giovanna Marosa) consisteva in una contrazione molto più forte delle altre, la quale capitava loro dopo ricevute parecchie scosse. E acciocchè veggasi meglio l'analogia fra que' fenomeni e quelli che sono per narrare, credo bene premettere alla storia de' fenomeni del Zamboni un breve cenno delle cose osservate nell'elettrizzare quegl'individui.

1°. La scossa accompagnata da dolore provata dal Forcolin si vide subito che non era accidentale, perchè dopo un altro certo numero di scosse tornava a farsi sentire. E mi assicurai che non dipendeva da qualche corrente deviata, che ferisse parti non ben difese dagl'integumenti.

2°. Nè quella scossa dolorosa dipendeva dall'avere io di

(1) Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto; Bimestri 1° e 2° dell'anno 1833. Bibliothèque Universelle de Génève; Juillet, Août et Septembre 1833.

Digitized by Google

quando in quando compiuta più esattamente la comunicazione, e mantenuta per più tempo; perchè quando s'impiegava minor numero di coppie, la sensazione capitava dopo un numero maggiore di scosse.

3°. Neppure proveniva il fenomeno da orgasmo o esaltamento cagionato nei nervi dall'azione della corrente elettrica, ed accresciuto dalle successive; poichè, pervenuti alla scossa dolorosa, quelle date di seguito ad essa non lo erano, ma ne capitava un'altra dopo un certo numero.

4°. Non procedeva neppure da un esaltamento prodotto dalle ripetute contrazioni muscolari; imperocchè elettrizzando il malato con una corona di quattro o cinque coppie, da cui non si otteneva la minima contrazione, aveva pur luogo quella sensazione dopo un gran numero di volte ch'erasi chiuso il circolo come per dare la scossa.

5°. Il fenomeno sembrò dipendere dal trattenersi nei nervi una parte dell'elettricità che gl'invadeva quando compievasi il circuito, e dall'andare questa crescendo ne' circuiti successivi, fino a che, non potendo i nervi ritenerla, aprivasi ad un tratto il passaggio. E così mi è sembrato primieramente perchè la scossa dolorosa capitava più presto o più tardi secondo che l'apparecchio era più o meno attivo; ed in secondo luogo perchè il fenomeno appariva dopo un minor numero di scosse quando, nel darle, invece di battere bruscamente la lista di piombo sulla lastra che era all'estremità dell'elettromotore impiegato, strisciavasi alquanto sulla medesima, e appariva dopo un numero ancor minore se, per dare le scosse, immergevasi ogni volta nel liquido la lista medesima.

6°. L'elettricità supposta trattenuta nei nervi pareva altresì che non restasse ivi inceppata fino al momento che produceva quella viva sensazione: ma bensì che scorresse anch'essa, sebbene con gran lentezza al confronto di quella che produceva le contrazioni ordinarie. E ciò perchè se le scosse si davano più lentamente, la sensazione capitava dopo un maggior numero di scosse, o anche non mai se la lentezza era notabile. E così ancora quando, dopo un numero di scosse minore di quello che richiedevasi per ottenere la sensazione, si lasciavano scorrere venticinque o trenta minuti secondi prima di dare le altre.

Digitized by Google

7°. Un altro fatto che avvalora la supposizione espressa nel paragrafo precedente lo scopersi nel dare le scosse con qualche lentezza; e fu che la scossa che precedeva quella che riusciva dolorosa, era accompagnata da un tal quale formicolamento lungo la spina. E se dopo questa scossa del formicolamento si lasciava correre un intervallo di tempo doppio dei soliti prima di dare la scossa successiva, questa non riusciva dolorosa, ma anzi era necessario che si proseguisse sino a quel tal numero di scosse per arrivare a quella del formicolamento, e quindi a quella accompagnata da dolore.

8°. Il paraplegiaco Martinuzzi, ricevendo le scosse con un elettromotore di cento coppie, moveva appena i diti de' piedi; ma dopo ventisei giorni che veniva quotidianamente elettrizzato, ogni quindici, o diciotto, o venti scosse gliene capitava una così forte che gli faceva contrarre le gambe e piegar le ginocchia.

9°. Così alla Giovanna Marosa, ventitrè giorni dopo che era cominciata l'elettrizzazione, adoperando l'elettromotore di cento coppie, capitava ogni cinque o sei scosse una contrazione molto più forte delle ordinarie. Ed ancora quando le contrazioni non erano percettibili, perchè scarso il numero delle coppie impiegate, aveva luogo quella contrazione straordinaria, bensì dopo un gran numero di quelle scosse non percettibili.

Veniamo ora ai fenomeni offertimi dal Zamboni nel Maggio e nell' Agosto del 1857.

I. Nelle prime due elettrizzazioni eseguite nel detto mese di Maggio alla maniera praticata nella state antecedente, e limitando il numero delle scosse a seicento, nulla di nuovo si osservò. E fu nella elettrizzazione, la quale ebbe luogo il dì 16 che il Zamboni cominciò a presentare un fenomeno analogo ai sopraccennati, ed ecco in che consisteva:

Dopo le consuete seicento scosse date con sessanta, con ottanta, e parecchie con cento coppie della solita corona di tazze allestita con acqua ben salata, egli veniva come al solito assoggettato alle correnti continue. Il circolo chiudevasi immergendo la striscia di piombo che partiva dalla gamba destra nel ventesimo bicchiere, poi nel 40°, nel 60°, nell' 80°, e finalmente nel centesimo, tenendo ogni volta la lista di piombo im-

Digitized by Google

mersa per circa dieci minuti secondi. E si è osservato che, quando il circolo era di ottanta coppie, dopo tre o quattro secondi, la gamba che comunicava col polo positivo si estendeva, e sollevava il piede. L'infermo durante l'elettrizzazione sedeva su di una scranna, e i piedi riposavano sopra un cuscino posto in terra alquanto discosto dalla scranna stessa. Richiesto se quel movimento succedeva per sua volontà, disse di no; e soggiunse che durante que' circuiti egli sentiva nel piede e nella gamba un formicolamento, il quale terminava col distendergli e sollevargli la gamba senza il menomo concorso della sua volontà.

Provai quindi a ripetere più volte il circolo con sessanta coppie, e allora, impiegando le ottanta, più presto accadeva il movimento. Provai se era necessaria la ripetizione de' circoli e vidi che no: ma bastava anche uno solo, e questo facendolo agire per un tempo più lungo, se minore era il numero delle coppie producenti la corrente elettrica. Anco facendo uso di sole venti coppie, in capo a quindici, sedici o al più venti minuti secondi accadeva immancabilmente il fenomeno.

II. Il 20 Maggio venne il Zamboni ad un'altra seduta, e, dopo le solite seicento scosse, lo assoggettai al circolo elettrico eccitato da venti coppie, e trascorsi 35" la gamba comunicante col polo positivo si alzò piegando il piede all'in su; e tornò poi e il piede e la gamba alla naturale sua posizione. Appena accaduto quel movimento nella gamba io, come al solito, interruppi il circuito; e, dopo aver lasciato riposare per un minuto primo l'apparecchio voltaico, lo rinnovai, e la solita contrazione apparve dopo 14". Questa volta per altro non interruppi la corrente; tuttavia la gamba tornò tosto, come suole quando la corrente è cessata, alla sua posizione naturale. Perseverando ancora a tener chiuso il circuito, dopo altri quarantaquattro secondi, oltre i quattordici già decorsi, avvenne la contrazione.

Lasciato ancora in riposo l'apparecchio per un minuto primo, poi fatte agire di nuovo le venti coppie, la contrazione accadde appena trascorsi quattordici minuti secondi dopo ch'era stato chiuso il circuito.

Ho lasciato quindi riposare e l'ammalato e l'apparecchio

Digitized by Google

per quattro minuti primi, poscia chiusi il circuito con venti coppie, e si ebbe la scossa dopo 38 minuti secondi; quindi

con	60	coppie dopo	3″
con	40	» dopo	6
con	20	» dopo	10
con	10	» dopo	27
con	6	» dopo	40.

In queste ultime cinque prove non si lasciava che un intervallo di tre secondi da un circuito all'altro.

Se, dopo di aver fatto agire molte coppie, si passava immediatamente a farne agire un numero alquanto minore, si otteneva più presto la solita contrazione. Una volta, per esempio, dopo aver agito col circolo elettrico eccitato da sessanta coppie, ed ottenuta la contrazione dopo tre secondi, fattene agire, immediatamente quaranta, vidi la contrazione appena trascorsi due minuti secondi.

Fin quì il Zamboni presentò un fenomeno analogo bensì a quelli ricordati da principio, ma diverso da essi. Non è una scossa dolorosa, e preceduta da formicolamento, o molto più forte delle altre, e che capita dopo un certo numero di scosse. Questa è invece una contrazione che capita durante il circuito elettrico, a cui gli arti del paralitico vengono sottoposti dopo essere stati trattati con un gran numero di scosse.

III. Ripigliate le sedute dopo un mese e mezzo (il 5 Agosto), si adoperò il solito elettromotore a corona di tazze, allestito con acqua di pozzo quasi satura di sal comune. O fosse che l'elettromotore fosse alquanto più energico di quello adoperato il 16 ed il 20 di Maggio; o che la salute dell'infermo fosse migliore pel riposo a cui l'obbligò la cura degl'incomodi gastrici sofferti; o perchè della corrente elettrica fosse più libero il passaggio per gli organi del moto a motivo ch'era scomparsa la gonfiezza alle estremità inferiori che esisteva all'epoca delle due sedute, delle quali si disse ai paragrafi I e II; o fosse finalmente pel concorso di tutte le accennate circostanze, avvenne che questa volta l'infermo provava una bella contrazione nell'una e nell'altra gamba facendo agire solo trenta coppie del detto elettromotore; ed inoltre, ogni quattro o cinque di

Digitized by Google

queste, avevasi una scossa più forte nella gamba destra comunicante col polo positivo. L'intervallo tra una scossa e l'altra era di circa mezzo minuto secondo.

Se l'intervallo fra due scosse consecutive era di tre secondi, la forte contrazione capitava alla vigesima quarta scossa. Tornando poi a darle ogni mezzo secondo, la forte scossa avevasi ancora ogni quattro o cinque.

Replicate le scosse ogni 4", la contrazione forte accadeva alla vigesima settima.

Ripetendo per altro più volte siffatte prove, si andava facendo sempre maggiore il numero delle scosse necessarie per conseguire la forte contrazione, a segno che, dopo aver date circa seicento scosse, non compariva più neppure dopo settanta scosse date coll'intervallo di mezzo secondo dall'una all'altra.

Allora assoggettai gli arti dell'infermo alla circolazione continua. Chiusi pertanto il circuito con trenta coppie, ed in un minuto primo nulla accadeva. Impiegai poscia sessanta coppie, e dopo un minuto primo, l'infermo cominciò ad accusare una sensazione di calore nella gamba destra comunicante col polo positivo. Allora aggiunsi nel circuito altre dieci coppie, e protrassi la circolazione per altri quaranta secondi: e l'infermo accusava un forte calore nella suddetta gamba.

Cambiata la direzione della corrente, messa cioè la gamba sinistra in comunicazione col polo positivo della corona, ed il negativo colla destra, appena chiuso il circolo, il Zamboni aveva una sensazione di calore nelle due gambe, ma più forte nella sinistra, e accompagnata da grande formicolamento. E dopo 45" che era chiuso il circolo, accadevano ne' diti dell'uno e dell'altro piede delle flessioni involontarie.

Dopo siffatti circoli si diedero delle scosse con sessanta coppie, ed ogni otto aveva luogo una forte contrazione in ambedue le gambe.

Date le scosse ogni minuto secondo, accaddero le scosse forti ogni otto o dieci o anco undici secondi e ciò per quattro volte, dando ogni volta una cinquantina di scosse: dopo di che, avendo veduto che neppure con 24 scosse non se ne otteneva una delle forti, provai a tener chiuso il circolo per trentadue secondi, poi, date le scosse con settanta coppie, alla decima-

Digitized by Google

quarta ebbesi forte contrazione nella gamba sinistra comunicante col polo positivo. E così finì questa sedata, nella quale, ciò che più è stato rimarcato dall'inferme fu il notabile formicolamento.

IV. Il 6 Agosto tutti i bicchieri dell'elettromotore furono puliti, e diligentemente asciugati, e fu versato in essi il liquido che prima contenevano. Messo poi in comunicazione il piede sinistro col polo positivo, e destinato l'altro a comunicare col negativo quando compivasi il circolo, si sono date cento scosse colla frequenza di circa quattro decimi di minuto secondo impiegando trentasei coppie, e si osservò che fino alla settantesima quarta, ogni sette o otto scosse, accadeva una forte contrazione, al muscolo tricipite femorale, per la quale si alzava al solito la gamba sinistra.

Dopo mezzo minuto di riposo, impiegando solo 24 coppie, alla terza scossa si alzò la gamba sinistra, e lo stesso accadde alla scossa 34ª, alla 54ª, alla 76ª, alla 87ª, ed alla 124ª. Le scosse davansi come nell'esperimento precedente colla frequenza di 0″, 4.

Impiegando quarantotto coppie, e dando le scosse colla detta frequenza, si ebbe la forte nella gamba sinistra alla seconda scossa, alla 5ª, alla 10ª, alla 29ª, alla 62ª, all' 89ª, alla 95ª, ed alla 114ª.

V. *Osservazione*. Pochi momenti dopo ch'era stata data la detta centoquattordicesima scossa, e che era perciò interrotta la circolazione elettrica negli arti del malato, il Zamboni provò una contrazione, cioè un movimento di alzata nella solita gamba sinistra che era stata in comunicazione col polo positivo; e dopo qualche altro minuto secondo si vide un altro simile movimento, e poi ancora dopo 36″; e poi ancora dopo altri 37″ — (A questo punto ho estratta dal bicchiere del polo positivo la striscia di piombo che ivi ancora pescava; e il feci per togliermi il dubbio che sussistesse ancora qualche circolazione elettrica, sebbene stentata); — e una contrazione ebbe luogo dopo altri 39″ e ancora dopo altri 37″, e poi dopo altri 39″, e finalmente, dopo altri 48″, videsi un' altra contrazione molto più debole delle precedenti.

Vennero poi date altre scosse collo stesso elettromotore,

Digitized by Google

impiegando solo trentasei coppie, e si ebbe la forte contrazione alla ventunesima scossa ed alla 149ª.

Altre finalmente ne diedi impiegando di nuovo 48 coppie, e capitò la forte contrazione alla quarta e poi alla 52ª, e, dopo un po' di riposo, proseguendo a scuotere, si ebbe la scossa forte alla 56ª, e dopo altrettanto riposo la si ottenne alla 60ª, e poi alla 87ª, e poi alla 135ª, che fu l'ultima.

Tolta quindi ogni comunicazione fra l'elettromotore e gli arti dell'infermo, volli che questi stesse là per qualche po' di tempo in riposo prima di partire. E si è osservato che, dopo 24 minuti secondi avvenne una contrazione nella gamba che era stata in comunicazione col polo positivo, cioè si alzò alquanto; poi accadde altrettanto dopo altri 28", poi ancora dopo altri 36, e dopo altri 44. Intanto l'infermo si addormentò, e dopo altri 50" si contrassero e si alzarono ambedue le gambe, e lo stesso avvenne dopo altri 59", e finalmente dopo altri 56 la sola gamba destra si alzò. E mentre io stava ad osservare se altro accadesse, il Zamboni si è svegliato e si levò la seduta.

VI. Il 7 Agosto la corona di tazze non era così bene preparata come il giorno antecedente, essendo le piastre più ossidate perchè non furono asciugate con tutta diligenza, e dopo più di tre ore che stavano nei bicchieri.

Ho messo il piede destro in comunicazione col polo positivo; ed impiegando trentasei coppie, date che furono scosse 21, alla 22ª, si alzò la gamba destra.

Dopo 80" di riposo, date altre 58 scosse, alla 59ª, alzossi la stessa gamba.

Ripigliate le scosse dopo un altro riposo di 80 secondi, accadde la forte contrazione alla 4ª scossa, e poi ancora alla centesimaottava.

Dopo altri 80" di riposo, venne la scossa forte alla 4ª; e desistendo subito dalle scosse, poi ripigliate dopo il solito riposo, l'alzata della gamba avvenne alla 7ª. e la volta successiva alla 8ª; e così avvenne un'altra volta ancora.

Ho poi date duecento scosse con 48 coppie con breve tregua fra l'uno e l'altro centinajo; e nessuna forte contrazione si è osservata.

Impiegando poi sessanta coppie, la scossa 87ª fu accompagnata da forte contrazione.

Digitized by Google

Impiegandone settantadue è stata forte la 20ª.

Ma poi, date altre 100 scosse colle stesse 72 coppie, non accadde alcuna forte contrazione.

Desistito dalle scosse, sottoposi l'infermo alla elettrica circolazione eccitata da 36 coppie; e, appena trascorsi due minuti secondi, si alzò la gamba destra comunicante col polo positivo.

Provai poscia a tener chiuso il circolo con 24 coppie per 36″, e non ottenni alcuna contrazione,

Finalmente ho fatta circolare per gli arti del Zamboni la corrente eccitata da 72 coppie per due minuti primi, e non avendo veduta alcuna contrazione si terminò la seduta.

Notiamo che quando le coppie sono molto ossidate, l'elettromotore, nell'agire, perde facilmente e rapidamente, come è noto (1), una parte notabile della sua tensione e della sua forza; e ciò rende ragione delle singolarità e anomalie osservate nel detto giorno.

VII. Il dì 8 Agosto si diedero cento scosse con trentasei coppie, e dirette dal piede destro al sinistro, coll'intervallo d'un minuto secondo dall'una all'altra. Poscia se ne diedero altrettante dirette dal piede sinistro al destro, e colla stessa frequenza.

Altrettanto si fece impiegando quarantotto coppie, e poscia impiegandone 60, poi 72, poi 84 coppie. Onde si diedero in tutto mille scosse all'infermo. E niuna di esse venne mai accompagnata o seguita da scossa più forte, cioè da alzamento dell'una o dell'altra gamba. Venne quindi assoggettato l'infermo ai circoli continui, e si cominciò con 84 coppie, e la gamba comunicante col polo positivo, dopo quattro minuti secondi si alzò, vale a dire si ebbe la solita notabile contrazione al muscolo tricipite femorale sinistro, e fece poi altrettanto dopo altri 18 secondi. Dopo 10″ di riposo, compiuto di nuovo il circolo, appena trascorsi 3″, alzossi la gamba. Quindi riposo per 12″, poi, chiuso di nuovo il circolo, alzossi la stessa gamba dopo 3″.

(1) Vedi i paragrafi 16 e 21 della mia Memoria: Sulla perdita di tensione che soffrono gli apparati elettromotori quando si tiene chiuso il circolo, e sul riacquistare la tensione primitiva quando si sospende la comunicazione fra i poli. Giornale di Fisica ec. di Pavia, annata 1827, *Annales de Chimie et de Physique*. Agosto 1828.

Digitized by Google

Messa la gamba destra al polo positivo, dopo tre secondi capitò in essa la forte contrazione, e poi ancora al 25°; e non si osservò che una flessione a tutte le dita del piede dopo il centesimo minuto secondo.

Rimessa la gamba sinistra al polo positivo, e chiuso il circolo, dopo 2" capitò in essa la forte contrazione, e poi un'altra dopo 24". Si aprì poi il circolo, ossia si sospese la circolazione voltaica, e, trascorso circa mezzo minuto primo, la gamba si alzò.

Fatto comunicare di nuovo il piè destro col polo positivo, e chiuso il circolo, si vide alzarsi la gamba dopo 2", ed altro non si osservò ne' successivi 50" ne' quali fu conservato chiuso il circuito elettrico.

Avviato in fine il circuito con settantadue coppie, si ebbe dopo due secondi una forte alzata della gamba al polo positivo, e, appena trascorsi altri 24" videsi una forte flessione nelle dita.

VIII. Rivenne il Zamboni il 12 Agosto. L'elettromotore fu allestito con acqua meno conduttrice del solito, adoperando pure le 84 coppie de' giorni passati.

L'infermo venne assoggetato a dirittura ai circuiti, e vidi: 1° che con trentasei coppie non ebbesi alcuna contrazione nei dieci minuti secondi che durò la circolazione: 2°. Che con sessanta coppie nulla si osservò in un circuito prolungato fino ad un minuto primo; e neppure col circuito di un altro minuto primo con l'elettromotore di 84 coppie.

Assoggettai poscia il Zamboni alle mille scosse, e precisamente come aveva fatto nel giorno 8 (§. VII). Poi chiusi il circuito eccitato da 84 coppie, e dopo 5" si alzò la gamba sinistra, comunicante col polo positivo. Tenuto quindi chiuso il circolo per altri 50", nulla si è osservato.

Fatto comunicare il piede destro col polo positivo, ed avviata la corrente con sessanta coppie, si ebbe una flessione alle dita del medesimo piede trascorsi che furono 24": poi non videsi più alcun movimento neppure impiegando 72 coppie e facendo circolar la corrente per gli arti dell'infermo per 50".

IX. Il 13 Agosto il liquido de' bicchieri era quello del giorno antecedente; ma le piastre erano nuove. E prima di tutto

Digitized by Google

assoggettai gli arti inferiori dell'infermo per 25″ ad una circolazione continua eccitata da 72 coppie; poscia ad un'altra di egual durata ed eccitata da 84 coppie. Tranne la scossa al chiudere del circolo, non si vide altra contrazione. Passai quindi alle scosse (una ogni mezzo minuto secondo) con 36 coppie, ed all'ottava ebbesi la forte contrazione. Dopo alcuni secondi di sospensione ripigliai le scosse, e la 24ª fu accompagnata da forte contrazione.

Dopo di ciò diedi il solito migliaio di scosse, limitando l'elettromotore a 36 coppie per le prime dugento, e per le altre ottocento a coppie 48, perchè quel giorno le scosse prodotte con questo numero di coppie erano più forti che non erano il giorno antecedente quelle date con 84 coppie.

Si è esservato che durante il quarto ed il sesto centinajo di scosse, la 45ª in quello, e la 47ª in questo, furono notabilmente più forti delle altre nella gamba sinistra comunicante col polo positivo.

In quella stessa seduta venne poi assoggettato l'infermo alle correnti continue.

Chiuso il circolo non 48 coppie, dopo 4″ provò una forte contrazione nella gamba sinistra. Dopo un minuto primo di riposo, venne chiuso di nuovo il circolo per 30″ e si ebbe una scossa forte nella detta gamba dopo 4″, ed un'altra dopo 29 secondi.

Messo il piede destro in comunicazione col polo positivo, provò la gamba destra una forte contrazione dopo tre minuti secondi. Rinnovato il circolo dopo sette minuti secondi di riposo, si ebbe nello stesso arto una scossa forte dopo 9″.

Chiuso il circolo con sessanta coppie per 10″, accadde la scossa grande dopo 3″, e dopo 8″.

Chiuso poi con trentasei coppie, la scossa forte fu dopo 4″.

Chiuso con sole ventiquattro coppie, e per 90″, niuna scossa si è osservata.

Chiuso poi con 60, con 72 e con 84, coppie, sempre avevasi la forte contrazione pochi momenti dopo quella che avveniva al chiudersi del circolo.

Così parecchie altre prove eseguite in quella seduta corri-

Digitized by Google

sposero come le qui registrate a confermare l'efficacia delle coppie nuove nella produzione di siffatti fenomeni (1).

X. Nella seduta del 14 Agosto volli esplorare, mediante il mio galvanometro a filo incrocicchiato, quale forza era necessaria nell'elettromotore per ottenere il fenomeno delle scosse forti o contrazioni accompagnate da distensione ed alzamento della gamba mentre si elettrizza l'infermo *a scosse*, o viene assoggettato a circuiti voltaici. La tensione può sempre desumersi dal numero delle coppie.

Pertanto se io chiudeva col filo dello stromento il circuito voltaico eccitato da dieci coppie otteneva una deviazione di 70 gradi; e quando, oltre il filo galvanometrico, faceva entrare nel circuito gli arti dell'infermo, la deviazione era solo di quindici gradi. Se poi impiegava 80 coppie, la deviazione era di circa 70 gradi anche quando l'infermo era nel circuito.

L'elettromotore allestito era di cento coppie, ma ne adoperai solo cinquanta per le scosse, riservando le altre per i circuiti voltaici.

Diedi adunque le mille scosse al solito, e tutte con cinquanta coppie, ed osservai che nel nono centinaio alla 22ª ed alla 89ª vi ebbe la scossa forte alla gamba sinistra comunicante col polo positivo. Dando poi il decimo centinajo dirigendo la corrente dal destro piede al sinistro, e sempre coll'intervallo d'un secondo dall'una all'altra come negli altri centinai, nè l'una nè l'altra gamba ebbe a provare scosse straordinarie.

Passai poscia ai circoli impiegando le cinquanta coppie che ancora non avevano agito.

Chiuso il circolo con trenta coppie, in quattro minuti secondi si ebbe una scossa alla gamba sinistra comunicante col polo positivo. E sospesi tosto il circolo.

Chiuso con venti coppie, scossa dopo 8″, e poi un'altra più debole dopo altri 24″, che durò il circolo.

Chiuso ancora con venti coppie, e dirigendo la corrente al

(1) Vedi il §. XIV. della mia Memoria sul fenomeno elettro-fisiologico delle alternative voltaiche, nel Tomo IV degli Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto; Anno 1834.

Digitized by Google

contrario, cioè dalla gamba destra alla sinistra, capitò la scossa alla gamba destra dopo 25".

Chiuso poi il circolo con quaranta coppie, non vi fu scossa, neppure dopo 80"; ma chiuso con 60 (introducendo nel circolo anco dieci coppie di quelle lasciate in riposo da che avevano servito a dare le mille scosse), capitò la contrazione dopo 9".

Chiuso con 80 coppie, il Zamboni provò la contrazione dopo 17".

Finalmente, dopo due minuti primi di riposo, chiusi il circolo con cento coppie, e il tenni chiuso per 30", e niuna scossa si è ottenuta.

XI. L'infermo si prese tre giorni di vacanza, e venne il 18 Agosto. La forza dell'elettromotore esplorata al galvanometro con dieci coppie solo a ciò destinate, si trovò circa eguale a quella del dì 14, poichè la deviazione dell'ago era di circa 15 gradi quando anco gli arti dell'infermo erano nel circolo.

Cominciai la seduta col dare più di cento scosse di seguito, una ogni mezzo secondo, e si sono osservate nella gamba sinistra comunicante col polo positivo contrazioni accompagnate da alzamento della gamba stessa alla sesta scossa, alla 15ª, alla 36ª, ed alla 77ª.

Cangiata la direzione, e adoperando le stesse quaranta coppie, la scossa forte accadeva un po' più di rado; sempre però alla gamba sinistra, benchè comunicante col polo negativo: e ciò avvenne anche dopo di aver procurato con ogni diligenza che i cuscinetti che fasciavano i piedi fossero egualmente conduttori. Nella seconda prova si ottenne la scossa forte alla 26ª ed alla centesima quinta; e sempre alla gamba sinistra.

Rivoltata di nuovo la direzione della corrente, cioè fatto comunicare il piede sinistro col polo positivo, e date le scosse con coppie quaranta, ebbesi la forte contrazione nella gamba sinistra alla seconda scossa, alla sesta ed alla 15ª. Poi si passò a dare un centinajo di scosse con venti coppie, e si ebbero scosse forti ogni sei o sette nelle prime quaranta, ed ogni venti nelle altre, e sempre nella gamba sinistra comunicante col polo positivo.

Date poi le scosse in direzione opposta, e con altre venti coppie, le scosse forti furono ancora nella gamba sinistra, e sol-

Digitized by Google

tanto furono un poco più rare; e, rimessa questa gamba in comunicazione col polo positivo si ebbero in essa scosse forti ogni sei o sette. Usando quattordici coppie fu straordinaria la dodicesima; usandone dodici, la fu la 15ª; e con sole quattro coppie si ebbe la scossa straordinaria alla 44ª. Bene inteso che le scosse date con 14, con 12 e con 4 coppie non erano percettibili all'infermo.

Usando di nuovo quattro sole coppie, si ebbe la forte contrazione alla centesima scossa: una seconda volta la si ebbe alla 114ª. Poi con cinque coppie la ottenni alla 130ª.

Messa la gamba sinistra al polo negativo, e date con cinque coppie trecento scosse, niuna contrazione ebbe luogo.

Quel giorno adunque non fu d'uopo premettere molte scosse perchè accadessero le forti contrazioni. Fu egli forse pe' tre giorni di riposo? o perchè la giornata era calda ed asciutta? o pel concorso di entrambe queste circostanze? E perchè mai la gamba destra non presentò più il fenomeno?

XII. Il 19 Agosto la deviazione galvanometrica prodotta dalle dieci coppie era di venticinque gradi.

Con venti coppie si diedero cento scosse (tre per ogni minuto secondo). Nessuna forte contrazione.

Con quaranta coppie si diedero 100 scosse colla stessa frequenza, e subito dopo l'ultima si diedero quattro scosse con più celerità; e si ebbe una forte scossa nella sinistra gamba comunicante col polo positivo.

Con sessanta coppie si ottenne le scossa grande alla 42ª, alla 72ª, e alla 104ª (le ultime quattro furono date con più fretta), e sempre nella gamba sinistra.

Cambiata la direzione della corrente. Coppie venti: tre scosse ogni minuto secondo; si ebbe scossa grande alla 16ª. Si proseguì poi a dar le scosse più adagio (una ogni minuto secondo) scossa grande alla 67ª, poi alla 105ª (le ultime cinque date in fretta); e sempre nella gamba sinistra, sebbene al polo negativo.

Mantenendo la stessa direzione della corrente, coppie quaranta, scosse cento, una ogni 1″; non ebbe luogo nessuna scossa grande, Ma subito dopo, date dieci scosse in fretta, apparve la solita forte contrazione.

Digitized by Google

Date con sessanta coppie cento scosse, una ogni minuto secondo, la 96ª fu grande, e al solito nella gamba sinistra sempre al polo negativo.

Ancora con sessanta coppie, una ogni mezzo secondo. È stata forte la centesima scossa.

Con ottanta coppie, data una scossa ogni minuto secondo, le prime cinque furono tutte forti, cioè accompagnate da distensione ed innalzamento della gamba sinistra: poi seguitando sempre collo stesso ritmo non vi furono più scosse grandi; ma, dopo la centesima, datane alcune in fretta, vi fu scossa con grande alzata della gamba.

Con cento coppie, date cinquanta scosse, una ogni due minuti secondi, tutte quante erano accompagnate da un piccolo innalzamento della solita gamba. Le cinquanta successive furono date una ogni minuto secondo; e, dopo le prime tre o quattro furono tutte molto più piccole. L'elettromotore era notabilmente indebolito.

Messa la gamba sinistra al polo positivo. Impiegando coppie venti (tre scosse ogni minuto secondo), ebbesi scossa forte con alzata della gamba alla 11ª, alla 22ª, alla 33ª, alla 46ª, alla 57, e poi non più fino alla 92ª.

Con coppie dieci si ebbe la scossa forte alla 64ª. Con coppie cinque, neppure è stata forte la 340ª; ma, dopo di questa, date le scosse con dieci coppie, si ebbe una grande contrazione alla nona. Sempre ritenuto che le scosse date con venti e con minor numero di coppie non riuscivano punto percettibili.

Finalmente ho chiuso il circuito con cento coppie; e poco dopo i due secondi capitò la scossa forte. Chiuso il circuito con venti coppie per 50", nulla si è osservato; ma poi, messa in circolo la corrente eccitata da quaranta coppie, si ebbe immediatamente la scossa accompagnata da inalzamento della gamba sinistra.

Si conchiuse che in quel giorno e nello antecedente, la sola gamba sinistra presentava il fenomeno della scossa grande, e molto più quando l'elettricità procedeva in essa gamba contro l'andamento dei nervi.

XIII. Il dì 20 Agosto poche sperienze si fecero relativamente al fenomeno, perchè presentavasi molto meno del solito, attesa la poca energia dell'elettromotore.

Digitized by Google

Il di 21, dopo trecento scosse date con sessanta coppie, avvenne che, dando il quarto centinajo, si ebbe alla gamba sinistra, che era al polo positivo, una scossa forte alla 15ª, e poi non più. Il sesto centinajo l'amministrai con ottanta coppie, e, finito che fu, date alcune poche scosse in fretta, si alzò la gamba destra che era al polo positivo. Al settimo centinajo nulla si osservò. All'ottavo si notò per tre volte la scossa forte nella gamba sinistra comunicante col polo negativo, e fu alla 9ª, alla 22ª, ed alla 42ª.

Durante il nono ed il decimo centinajo di scosse date con cento coppie, niuna contrazione straordinaria si è osservata. E neppure dopo con iscosse date in fretta, nè durante l'azione di correnti continue, più non v'ebbero scosse accompagnate da alzamento dell'una o dell'altra gamba. A che dovrassi ciò attribuire? Le coppie erano da molti giorni ossidate, perciò, e mediante i circoli, e mediante le scosse, specialmente non essendo date con lentezza, l'elettromotore perdeva forza rapidamente. Il liquido era notabilmente scemato nelle tazze, e di più l'isolamento dell'apparecchio era molto imperfetto a cagione del sale cristallizzato che circondava l'orlo di quasi tutti i bicchieri. Tuttavia, siccome le contrazioni erano abbastanza forti anche agendo solamente con quaranta coppie, e per altra parte il fenomeno, ne' precedenti giorni, accadeva anche facendo agire un numero così piccolo di coppie, che non accadeva veruna sensibile contrazione; così io non saprei che sospettare relativamente alla circostanza che ne impediva in que' due giorni, o ne difficultava la riuscita, se non avessi già avuto occasione di osservare in altri paraplegiaci, i quali presentavano un analogo fenomeno, che allorquando la giornata era molto umida, quel fenomeno cessava di apparire (1). Ciò mi fece nascere il sospetto che non l'umidità dell'aria (poichè in que' due giorni l'aria non era umida), ma sibbene l'umidità degli orli delle tazze impedisse o difficultasse la riuscita del fenomeno.

Pertanto, ripuliti ed asciugati con tutta diligenza i bicchieri, rimesso in ciascuno il liquido che prima conteneva, ed allestita

(1) Veggasi la Memoria *di alcune paralisi curate colla elettricità voltaica*, citata ai §§. XXVI, XXVIII e XXIX.

Digitized by Google

la corona di tazze colle stesse coppie usate nelle due precedenti elettrizzazioni, ho proceduto ad una nuova, e fu nella seduta del 25 Agosto; nella quale, ecco ciò che si è osservato.

Dopo di aver date quattrocento scosse, parte con 36, e parte con 48 coppie, nel quinto centinajo alla 85ª scossa alzossi la gamba sinistra comunicante col polo positivo.

Nel sesto centinajo, date le scosse con 54 coppie, non fuvvi alcuna scossa straordinaria.

Nel settimo, adoperando pure le stesse 54 coppie, ve n'ebbe una alla 35ª ed una alla 70ª.

Nell'ottavo centinajo capitava una scossa forte ogni dieci o dodici, e sempre nella gamba sinistra comunicante col polo positivo.

Nel nono centinajo, sebbene le scosse si dessero più lentamente (una ogni minuto secondo), si aveva la scossa forte prima ogni otto, poi ogni dieci o dodici scosse. Appena compiuto il centinajo, si chiuse il circolo, e passati appena tre secondi, si ebbe la forte contrazione alla gamba sinistra +.

Nel decimo centinajo, adoperando settantadue coppie, e dando le scosse con qualche maggiore frequenza che nel centinajo precedente, si ebbero scosse forti alla 7ª, 66ª, e poco dopo la centesima.

Compiuto il consueto migliajo di scosse, tutte bene sentite dall'infermo, volli provare a trattarlo con elettromotori di così scarso numero di coppie che le scosse non fossero percettibili.

Diedi adunque in fretta di siffatte scosse con una corona di dieci coppie; ed avvenne che, ogni venti o al più ventiquattro, capitava quella forte preceduta al solito da formicolamento. E questa volta scuotevasi la gamba destra comunicante col polo negativo.

Con coppie sei si ebbe la scossa forte alla 48ª. Con altre sei coppie non ancora adoprate, alla 30ª, si scosse fortemente l'una e l'altra gamba.

Con tre coppie non ancor adoperate capitò la forte contrazione alla 156ª,

Con due coppie più pulite delle precedenti, capitò la forte contrazione alla 112ª.

Tornai alla corona di dieci coppie, e ottenni alla 45ª scossa

Digitized by Google

la solita forte contrazione con alzamento della gamba destra comunicante col polo positivo.

Cangiata la direzione, ottenni colle stesse dieci coppie, dopo forse un egual numero di scosse, la forte contrazione alla gamba sinistra messa al polo positivo.

Prima di finire la seduta volli provare l'effetto della corrente continua. Chiuso perciò il circolo con 27 coppie, ebbi la forte scossa dopo trenta minuti secondi.

Adoperando coppie quattordici, tenuto chiuso il circuito per 70", e non vista ancora nessuna scossa, lo chiusi con venti coppie, cioè posi anco le sei coppie vicine nel circolo, e dopo 20" capitò la scossa alla gamba sinistra positiva.

Direi adunque che l'altro giorno fu veramente l'imperfetto isolamento dell'apparecchio prodotto dall'umidità degli orli delle tazze che diede occasione a quel singolare fenomeno, come trent'anni fa gli aveva dato occasione l'imperfetto isolamento prodotto dall'umidità dell'aria.

XIV. Il 26 Agosto narravami il Zamboni che il giorno antecedente andando a casa dopo l'elettrizzazione parevagli di aver le vertigini. Veramente la seduta era stata più lunga del solito. Tuttavia, siccome egli dicevami pure che il resto della giornata era stato benissimo, pensai di sottoporlo al trattamento elettrico; più breve però dell'ordinario.

Diedi il primo centinajo di scosse con coppie quaranta; e alla 95ª scossa si alzò la gamba sinistra +.

Durante il secondo centinajo, alla 86ª scossa si alzò la stessa gamba sinistra che comunicava col polo negativo.

Il terzo centinajo fu dato con cinquanta coppie, e l'ottantesima scossa fu accompagnata da alzamento della gamba sinistra ch'era al polo positivo.

Il quarto centinajo, dato pure con cinquanta coppie, fu quasi tutto accompagnato da alzamento della gamba sinistra negativa ogni dodici o tredici scosse.

Una sola volta si alzò la detta gamba + durante il quinto centinajo, e fu alla 92ª scossa. Due volte si alzò la gamba sinistra negativa nel sesto centinajo, e fu alla 34ª ed all'80ª scossa. E nel settimo centinajo, (dato con sessanta coppie) solo alla 42ª scossa si alzò la solita gamba sinistra che trovavasi al polo +.

Digitized by Google

Diedi poi in fretta delle scosse con sole tre coppie, e alla scossa 256ª, si alzò la gamba destra che era al polo negativo. E la gamba stessa, messa in comunicazione col polo positivo, alzossi dopo 280 scosse date in fretta con due sole coppie.

Trattato in fine il Zamboni con correnti continue, impiegando venti coppie, dopo 12 minuti secondi, cominciò un formicolamento che durò cinque secondi e passò senza veruna contrazione. Il circolo eccitato da quaranta coppie produsse una scossa dopo 29". La produsse dopo ventiquattro il circolo eccitato da sessanta coppie; e poco più presto quello eccitato da cento coppie. La forza dell'apparecchio era notabilmente scemata. Licenziai l'infermo dicendogli di non venire all'indomani se s'accorgesse di vertigini andando a casa. La qual cosa essendo avvenuta, sebbene in minor grado del giorno antecedente, egli non ritornò che al dopo dimani giorno 28.

XV. Avvertito al solito l'ammalato di avvisarmi tosto di ciò che andasse sentendo, cominciai quel giorno a trattarlo colle correnti continue.

Eccitata negli arti una corrente elettrica colla corona di quaranta coppie, l'infermo accusa subito nella gamba sinistra, che comunicava col polo positivo, un formicolamento il quale cessa dopo 5".

Replicato il circuito, rinnovossi il formicolamento, e durò otto minuti secondi.

Ripetuto di nuovo il circuito, il formicolamento durò 10".

Ripetuto ancora, non cessò il formicolamento che dopo 24"; ed avendo interrotto il circuito, l'ammalato risentillo ancora per un momento.

Replicato un'altra volta, il formicolamento durò per 45"; ed appena cessato, s'interruppe il circuito, e il formicolamento fu risentito come la volta antecedente.

Dopo cinque minuti primi di riposo rinnovossi il circolo colle solite quaranta coppie. Ebbesi il solito formicolamento, che passò dopo circa 7". E fu ripetuto cinque volte con risultato sempre eguale al suddetto; e sempre alla gamba sinistra comunicante col polo positivo.

Dopo il riposo di tre minuti primi, messa la gamba destra in comunicazione col polo positivo, rinnovossi lo stesso circolo.

Digitized by Google

L'infermo accusò il formicolamento in ambedue le gambe, ma più forte nella destra. Durò nell'una e nell'altra per 4". E così avvenne altre due volte.

Chiusi poi il circolo con venti coppie, poi con dieci, e finalmente con cinque. Sempre si fece sentire il formicolamento; ma di mano in mano minore, e che cessava dopo qualche minuto secondo.

Messo fine al trattamento colle correnti continue, passai alle scosse.

Ne diedi duecento con quaranta coppie, cento in un senso, e cento in senso contrario: poi altre 200 con sessanta coppie, delle quali pur se ne diedero cento in un senso e cento in un senso contrario: e così altre 200 con ottanta coppie; e finalmente ne diedi cento con cento coppie. E si osservò, che in ogni centinajo molte o parecchie delle prime scosse erano accompagnate da alzamento della gamba sinistra quando comunicava col polo positivo. Ma le scosse calavano di forza con tale rapidità che le ultime quaranta date con cento coppie erano affatto impercettibili.

XVI. Il 29 Agosto l'infermo fu trattato soltanto colle scosse. Si cominciò col darne duecento con quaranta coppie, cambiando al solito direzione ad ogni centinajo; poi se ne diedero altre 200 con 50 coppie, poi altrettante con 60, e nell'ultimo dei detti centinaj ebbesi la contrazione straordinaria alla 9ª, alla 57ª ed alla 78ª, e queste alla gamba sinistra negativa. Nel settimo centinajo nessuna scossa forte si osservò. La gamba sinistra era al polo +. Nell'ottavo centinajo, dato con settanta coppie, furono forti alla gamba sinistra negativa le scosse 7ª, 30ª e 55ª. Era molto visibile l'indebolimento delle ultime quaranta scosse.

Nel nono centinajo dato con ottanta coppie, ed essendo la gamba sinistra al polo +, nessuna scossa forte si è avuta. E così fu anco nel decimo centinajo, durante il quale la gamba sinistra comunicava col polo negativo.

Date poi delle scosse in fretta con sole dieci coppie, dopo 150 si ebbe una forte scossa nella gamba destra negativa. Con coppie venti la si ebbe dopo quaranta nella gamba sinistra positiva. Date le scosse in fretta con coppie trenta, alla 30ª ca-

Digitized by Google

pitò la forte contrazione alla gamba sinistra negativa; e con quaranta coppie è stata forte la contrazione nella gamba destra negativa alla 40ª scossa.

Durante il migliajo di scosse date il 1° Settembre si è solo osservato che nel nono centinajo, adoperando cinquanta coppie, v'ebbe una forte contrazione alla decimaterza scossa nella gamba destra comunicante col polo negativo, e due forti contrazioni nel decimo centinajo, e queste alla 45ª ed alla 80ª scossa nella gamba sinistra comunicante col polo negativo.

XVII. Nella seduta del 3 Settembre tenni sempre la gamba sinistra dell'infermo in comunicazione col polo positivo, e cominciai colle correnti continue.

Chiuso il circolo con quaranta coppie, fuvvi immediatamente formicolamento nella gamba sinistra il quale cessò dopo 15 secondi. Chiuso il circolo con coppie sessanta, il formicolamento durò di più, e anco più è durato avendolo chiuso con ottanta coppie.

Dopo due minuti primi di riposo replicai il circolo con quaranta coppie, e il formicolamento nella detta gamba durò 15″ come l'altra volta. La corrente eccitata da cento coppie fece durare il formicolamento per 65″, calando a poco a poco.

Cessato il formicolamento, sospesi tosto il circolo, e appena scorsi diciotto secondi, lo rinnovai ancora con cento coppie, ed il formicolamento non durò che 8″.

Replicato ancora questo circolo dopo 12″ di riposo, cessò ancora più presto il formicolamento. E lasciando proseguire il circolo dopo cessato il formicolamento, l'ammalato accusava tosto calore nelle gambe. Dopo tre minuti primi quel calore era calato, e trascorso un altro minuto, cessò contemporaneamente in ambedue le gambe. Lasciai trascorrere altri trenta secondi, e poi, avendo interrotto il circolo, nacque un po' di formicolamento nella gamba sinistra, il quale svanì in pochi momenti.

Proceduto alle scosse (una ogni minuto secondo), ecco ciò che si è osservato. Adoperando quaranta coppie, cominciò il formicolamento alla 40ª scossa, e durò sino alla fine del centinajo. Nel secondo centinajo cominciò alla quattordicesima scossa, e durò sino alla fine. E l'ammalato accusò anco qualche poco di formicolamento nella gamba destra.

Digitized by Google

Con sessanta coppie cominciò il formicolamento nell'una e nell'altra gamba dopo quindici scosse; e così nel centinajo successivo.

Con ottanta coppie nel primo centinajo cominciò alla quindicesima scossa nella gamba sinistra, ed alla 55ª cominciò anco nella destra. Nel successivo centinajo poi, alla gamba sinistra il formicolamento cominciò alla decima scossa, e nella destra alla trentesima.

Con cento coppie tanto nel primo, come nel secondo centinajo di scosse, cominciò il formicolamento nella gamba sinistra all'ottava scossa, e nella destra alla vigesimaquinta.

Prima di terminar la seduta provai a dare le scosse in fretta, cinque ogni minuto secondo.

Con venti coppie cominciò tosto un formicolamento che cessò dopo circa 400 scosse.

Con quaranta coppie il formicolamento fu più forte, e non cessò dopo le 400 scosse, ed io ho desistito di scuotere.

Con sessanta coppie il formicolamento fu ancor più forte, ma non proseguii a dar scosse che per sei minuti secondi.

Con ottanta coppie, oltre il forte formicolamento, avvenne che la nona scossa fu accompagnata da forte contrazione nell'una e nell'altra gamba. E questo sperimento fu replicato quattro volte, e sempre collo stesso risultato.

Adoperando cento coppie, la scossa straordinaria nell'una e nell'altra gamba fu la quinta. E si pose fine alla seduta.

XVIII. Per le sue occupazioni il Zamboni si astenne cinque giorni dal venire al Gabinetto fisico.

Nel primo centinajo di scosse somministrategli il 9 Settembre, e con coppie quaranta, nessuna fu più forte delle altre. Nel secondo centinajo dato con egual numero di coppie, v'ebbe una scossa forte alla vigesimasesta nella gamba sinistra comunicante col polo positivo.

Nel terzo centinajo (coppie cinquanta), furono forti, cioè accompagnate dal solito alzamento della gamba le scosse 28ª, 47ª, 60ª, 70ª, e 103ª, e ancora nella gamba sinistra.

Nel quarto centinajo due furono le scosse forti, la 28ª e la 68ª.

Il quinto centinajo di scosse fu pur dato con coppie cin-

Digitized by Google

quanta, ma si mise la gamba sinistra al polo negativo. E si osservò che le scosse grandi furono ancora nella gamba sinistra, e capitarono alla terza scossa, alla 9ª, alla 21ª, alla 35ª, e non si proseguì. Questa volta erano adoperate le 50 coppie che non avevano ancora servito. Si terminò poi il centinajo colle altre 50 coppie, e non v'ebbero altre contrazioni straordinarie.

Nel sesto centinajo di scosse date con sessanta coppie, le forti contrazioni capitarono ancora alla gamba sinistra negativa, e furono la 7ª, la 15ª, la 21ª, la 29ª, e la 100ª.

A questo punto della seduta sopravvenne il chiarissimo sig. Professor Cavalier Benedetto Viale di Roma, il quale si compiacque di osservare non poche di quelle straordinarie contrazioni che capitano dopo un certo numero di scosse, e parecchie ancora di quelle che avvengono quando gli arti sono invasi da una corrente voltaica continuata per un certo tempo. Non tenni registro di quegli esperimenti.

Il giorno 10 Settembre nel primo centinajo di scosse, dandone due ogni minuto secondo con quaranta coppie, alla 68ª scossa si osservò una forte contrazione della gamba destra comunicante col polo positivo.

Nel secondo centinajo capitò la forte contrazione nella gamba diritta alla 51ª scossa; ed alla scossa 103ª capitò nella gamba sinistra comunicante col polo negativo.

Nel terzo centinajo di scosse, date con coppie cinquanta, due furono accompagnate da forte contrazione, l'undecima e la 24ª.

Durante il quarto centinajo v'ebbe un grande formicolamento nella gamba destra positiva.

Nel quinto centinajo, adoperando come ne' due precedenti cinquanta coppie, sono state accompagnate da distensione ed alzamento della gamba sinistra comunicante col polo positivo la 3ª, la 15ª, la 24ª, la 32ª, la 46ª, la 53ª, la 79ª, e la centesima ottava scossa che fu l'ultima.

Passai quindi a dare scosse più in fretta, non due ogni minuto secondo, come fin quì, ma cinque. E, adoperando dieci coppie, capitò una scossa con alzamento della gamba dopo dodici secondi. Adoperando poi solo cinque coppie, la scossa forte capitò alla 90ª, cioè dopo 18″: e sempre alla gamba sinistra.

Digitized by Google

Chiuso poscia il circolo con dieci coppie, il Zamboni accusò tosto il formicolamento, ed appena scorsi cinque secondi v'ebbe una scossa con alzamento della gamba sinistra positiva, e non avendo interrotta la circolazione elettrica, capitò un'altra simile contrazione dopo 15″; e dopo questa contrazione cessò il formicolamento: ma, trascorsi circa 40″ ripigliò, e poi, dopo altri 30″, ebbesi una nuova contrazione. E allora fu sospeso il circolo eccitato dalle dieci coppie.

Rinnovatolo in seguito con cinque delle predette coppie, l'infermo provò un leggiero formicolamento ne'60″ che stette chiuso, e nessuna scossa.

Ripetei il circolo con altre cinque coppie non ancora adoperate. L'infermo accusò un leggiero formicolamento, che cessò poco dopo un minuto primo; ed avendo proseguito il circolo per altri quindici minuti secondi, all'interromperlo si ebbe formicolamento ed una piccola contrazione che fece alzare un pochetto il calcagno del piede sinistro comunicante col polo positivo.

L'assoggettai poscia ad una corrente continua eccitata da quaranta coppie. E questa produsse grande formicolamento alla gamba destra positiva, il quale crebbe per 10″ e poi calò; tornò a crescere dopo 15″ e poi calò di nuovo; e così dopo altri venti minuti secondi; poscia calò sempre, e trascorsi due minuti primi era cessato del tutto. Fatta allora cessare la corrente, un momento dopo l'infermo sentì un leggiero formicolamento che in pochi istanti svanì.

XIX. Il dì 11 Settembre nel dare il primo centinajo di scosse con coppie quaranta, l'infermo accusava formicolamento nella gamba destra al polo positivo, e la sinistra a quando a quando alzava un tantino il calcagno.

Durante il secondo centinajo di scosse, date pure con quaranta coppie, due ogni minuto secondo, ebbesi mediocre formicolamento alla gamba destra, e forti contrazioni nella sinistra col polo negativo alla 27ª scossa, alla 59ª ed alla 69ª.

Durante il terzo centinajo di scosse date con coppie cinquanta, ebbesi formicolamento all'arto destro; ed al sinistro, comunicante col polo negativo, furono accompagnate da forte contrazione le scosse 17ª, 60ª, e 104ª. Le ultime quattro furono date con più fretta.

Digitized by Google

Nel quarto centinajo, impiegando pure cinquanta coppie, v'ebbe nella gamba destra formicolamento. e la sinistra negativa si alzò e distese alla 5ª scossa, alla 9ª, alla 28ª, alla 39ª, ed alla 64ª.

Dopo di ciò passai a dare scosse non percettibili. Con coppie cinque date le scosse colla frequenza di tre ogni minuto secondo, si ebbe una contrazione accompagnata da alzamento della gamba alla centoquarantesima scossa. Adoperando poi quindici coppie, si ebbe la forte contrazione al solito nella gamba sinistra negativa alla scossa 82ª.

Volli poi assoggettare l'infermo alla corrente eccitata dalle 100 coppie e per varii minuti. Ma pensando che il forte formicolamento che ne risulterebbe non sarebbe cosa conveniente il farlo tollerare a lungo, chiusi il circolo con una funicella lunga circa sette decimetri, e bagnata nell'acqua salata; e poi ho stabilite le solite comunicazioni tra i piedi dell'infermo e i poli dell'elettromotore. Per questa guisa, essendo la corrente in gran parte deviata, il formicolamento riuscì abbastanza indebolito per essere con indifferenza tollerato. Intanto la perseveranza della corrente indeboliva la forza dell'apparecchio, onde, dopo un minuto primo, ho tolta la comunicazione fra i poli formata dalla funicella bagnata, lasciando che il circolo rimanesse chiuso soltanto dagli arti dell'infermo, e non ne derivava grande molestia. E allora si osservò che il formicolamento non conservava la stessa forza; ma cresceva per un dato tempo e poi calava per tornare a crescere di nuovo. Nei primi due minuti primi, cresceva il formicolamento per dieci secondi, e per altrettanti calava. In seguito, a misura che il formicolamento andava scemando di forza, i periodi si fecero più brevi di modo che nel sesto minuto primo che stette chiuso il circolo, i rinforzi e le remissioni erano così frequenti, che que'periodi compivansi, prima in sei, e in ultimo in cinque minuti secondi. A quell'epoca poi, mentre il formicolamento era debolissimo, ruppi il circuito, e sull'istante cessò il formicolamento: ma, dopo tre minuti secondi si fece sentire di nuovo per pochi istanti.

XX. Nelle due successive sedute nulla d'insolito si è osservato. Nella terza che ebbe luogo il 17 Settembre, dopo di aver trattato l'infermo colle solite mille scosse, vedendo nota-

Digitized by Google

bilmente scemata la forza dell'elettromotore, lo assoggettai all'azione delle correnti continue eccitate dalle cento coppie e senza deviarne menomamente. Ed osservai che, sebbene il formicolamento fosse assai debole, pure, dopo dodici minuti secondi la gamba sinistra comunicante col polo positivo si alzò, e cessò tosto il formicolamento; ma in breve ripigliò, e dopo altri 15″ capitò nella stessa gamba una nuova contrazione, che fece pur cessare il formicolamento; e così avvenne dopo altri 20″, e dopo altri 32″, e dopo altri 94, e dopo altri 98, e finalmente dopo altri 121 minuti secondi. Ed avendo veduto che quest'ultima contrazione fu molto più piccola delle altre, ho lasciato chiuso per altri 200″ il circuito, e, non essendo più capitata alcuna contrazione, ho posto fine a questa seduta, che fu l'ultima per essere andato il Zamboni a lavorare a dodici miglia di distanza da questa città.

XXI. In generale i fenomeni presentati da quest'infermo sono analoghi a quelli da me osservati in altri paraplegiaci, fenomeni che io spiegava coll'ipotesi che l'elettricità traversante gli organi animali, non tutta passi immediatamente da un polo all'altro, ma una parte ne venga trattenuta; la quale poi, pel soverchio cumulo, scorra per qualche tratto di nervi e cagioni le insolite contrazioni.

In questi fenomeni si può anco scorgere una certa analogia col fenomeno della scossa che provano gli animali nel momento che cessano dal far arco di comunicazione fra i poli d'una pila. Ed ammesse nei nervi delle correnti naturali, si potrebbe supporre che queste sieno spostate ed in qualche modo alterate dalla corrente voltaica: e che, al cessare del circuito, ripiglino il loro stato naturale per intrinseca forza dell'organismo, causando allora la contrazione che si osserva allo interrompere il circuito (1); ma che in que' paraplegiaci sia quella forza intrinseca affievolita; e perciò il ritorno della corrente propria dei nervi al suo stato naturale non avvenga com-

(1) Veggasi il §. XXII della Memoria sopra la scossa che provano gli animali nel momento che cessano di fare arco di comunicazione fra i poli d'un elettromotore, ec. Venezia 1828, *Annales de chimie et de physique*, Mars 1829.

Digitized by Google

piutamente all'interrompersi del circuito; e che quindi i ripetuti circuiti possano spingere quell'alterazione a un punto straordinario, finchè la forza inerente all'organismo, benchè affievolita dal male, possa in un tratto rimettere totalmente o parzialmente quelle correnti naturali al loro stato ordinario, e producendo allora contrazioni straordinarie.

Molte varietà per altro si osservarono nella cura che diede argomento a questa Memoria, il render ragione delle quali parmi per ora assai difficile. Le ripetute contrazioni che accadevano quando era sospesa la corrente elettrica, e delle quali parlo al paragrafo V, nessuno de' tre paraplegiaci ricordati da principio le ha presentate. E le rane preparate offrono bensì in alcune date circostanze una serie di contrazioni o una contrazione continuata quando s'interrompe il circolo elettrico da cui sono invase (1); ma, tornati che sono i muscoli alla posizione naturale, il che avviene in non molti minuti secondi, più non osservasi alcuna contrazione (2).

(1) Veggasi il §. XIV. della mia Memoria « Sopra il fenomeno (*scoperto dal Volta*) che presentano i muscoli degli animali di recente uccisi quando sieno tormentati a lungo dalla corrente elettrica; il quale consiste: 1° nel perdere i muscoli dopo alquanto tempo, l'attitudine di scuotersi per l'azione istantanea della corrente che circolò pei medesimi, conservando però l'attitudine di scuotersi per la corrente contraria; 2° nel ricuperare l'attitudine perduta allorchè si tormentino a lungo con questa corrente contraria, perdendo al tempo stesso l'attitudine di scuotersi per la corrente primitiva; 3° nel presentare siffatte alternative più volte di seguito sino all'estinzione della vitalità ». Memoria inserita nel Tomo IV degli Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneto; Padova 1844.

(2) Una sola volta vidi scuotersi ripetutamente, e per un tempo assai notabile, un muscolo di una rana, dopo che essa era stata trattata in varii modi con piccole correnti voltaiche. Ecco l'osservazione che trovo registrata nel mio Giornale, il 16 Aprile 1852.

Un ranocchio che già da otto giorni era in una secchia di legno contenente un grosso strato di sabbia, l'ho preparato al solito per far le prove delle sperienze (da ripetersi poi nella lezione) sopra la scossa che provano gli animali all'interrompersi del circuito elettrico di cui fanno parte. Il ranocchio preparato venne adunque sottoposto per circa un quarto d'ora a correnti voltaiche eccitate da una coppia, da due, da quattro, da sei e fino da undici coppie usuali di zinco e rame, lustre, allestite con acqua mediocremente salata, e facendo comunicare l'arto sinistro del ranocchio col polo positivo ed il destro col negativo, essendo acqua di

Digitized by Google

E perchè mai, dopo tanti giorni che le forti contrazioni non capitavano se non dopo aver dato un gran numero di scosse, avvenne che il 18 Agosto, come notai al §. XI, appena date quattordici scosse, si ebbe la contrazione straordinaria, sebbene l'elettromotore non fosse che di quaranta coppie?

Il 19 Agosto le forti contrazioni accaddero ripetutamente alla gamba sinistra comunicante col polo negativo (§. XII). Ma sino a quel giorno era sempre la gamba comunicante col polo positivo che andava soggetta alle contrazioni straordinarie.

Non è cosa nuova che la corrente elettrica produca un formicolamento nelle membra che fanno arco di comunicazione fra i due poli. Ma fu bensì cosa inaspettata che il Zamboni dopo tante elettrizzazioni sostenute senz'aver mai sentito alcun formicolamento, abbia cominciato a sentirlo una volta il 26 Agosto, e poi ripetutamente il 28 durante i circoli elettrici (§. XV).

Che poi il formicolamento durasse più a lungo quando l'elettromotore era più energico; e che ripetendo il circolo collo stesso numero di coppie, il formicolamento riuscisse di volta in volta più breve; che esso andasse a cessare, sebbene continuasse l'elettrica circolazione; e capitasse anco somministrando le scosse dopo datene un certo numero più o men grande secondo che minore o maggiore era il numero delle coppie impiegate, non fa meraviglia dopo i fenomeni precedentemente presentati. Piuttosto potrà fornire argomento di studio, a chi accadrà di osservare simili fenomeni, l'essere il formicolamen-

pozzo quella de' due bicchieri, ne' quali s'immergevano gli arti medesimi. Dopo quel trattamento io misi su d'un piatto asciutto di terraglia. E subito il muscolo posteriore della coscia destra cominciò a palpitare fortemente, contraendosi tratto tratto con ritmo regolare, eseguendo da principio due contrazioni ogni minuto secondo, poi una sola, quindi una ogni due secondi, poscia contrazioni più rare, e così sempre; finchè dopo venti minuti primi che io stava osservando, mostrava ancora qualche contrazione ogni 15 o 17, o 18 minuti secondi.

Trascorsi altri sei minuti primi, mi feci di nuovo ad osservare quel ranocchio; ma vedendo che neppure in un minuto primo accadeva un palpito, lo sottoposi di nuovo al trattamento di prima. Ma avendolo poi estratto dai bicchieri, e collocato come l'altra volta sul piatto asciutto, non ha più presentata alcuna contrazione.

Digitized by Google

to qualche volta accompagnato e qualche volta seguìto da sensazione di calore; e il cominciare siffatte sensazioni talvolta al tempo stesso nelle due gambe, e talvolta no; e l'aversi, mediante la corrente eccitata soltanto da dieci coppie, sull'istante il formicolamento, e poi una contrazione, e poi un' altra che fa cessare il formicolamento, e poi ripiglia, e poi rinnovasi la contrazione (§§. XVII e XVIII).

Più difficile ancora parmi finalmente sarà per essere lo spiegare come il formicolamento, dopo di essersi rinforzato per un certo tempo, e poscia lentamente affievolito, torni a rinforzarsi, e quindi ad affievolirsi di nuovo, e ciò più e più volte, com'è notato alla fine del §. XVIII e nel §. XIX.

La scienza de' fenomeni elettro-patologici finora pare destinata a progredire con grande lentezza. Se venisse un giorno secondato il desiderio da me esternato il 21 Settembre 1841 alla Sezione Medica del Congresso di Firenze: Che ne' grandi Ospitali fosse una Clinica pe' paralitici, nella quale, dopo trovati insufficienti li consueti rimedi, venisse amministrata l'elettricità; credo che, oltre al procurare un maggiore sollievo e conforto ai poveri paralitici, si farebbe meglio progredire lo studio della elettro-patologia.

TRASFORMAZIONE DELL'IDRURO DI BENZOILE IN ALCOLE BENZOICO; CH. FRIEDEL.

(*Bullettin de la Société Chimique de Paris* 3°. Fascicolo, p. 22.)

Wurtz aveva già fatto conoscere la facile conversione dell'ossido di etilene in alcole per mezzo dell'amalgama di sodio, ma questo chimico ritenendo allora che con tale reattivo non si sarebbe potuto convertire l'idruro di acetile in alcole per la sua facile resinificazione in presenza degli alcali, aveva cercato inutilmente di operare tale conversione coll'idrogeno sviluppato dall'ac. idroclo-

Digitized by Google

rico e lo zinco. L'Autore riflettendo alle proprietà particolari dell'idruro di acetile che lo fanno distinguere dal resto delle aldeidi pensò di tentare questa esperienza sull'idruro di benzoile, e il tentativo fu coronato da esito felicissimo.

Mettendo essenza di mandorle amare in contatto con acqua e amalgama di sodio, a capo di alcuni giorni, il liquido insolubile nell acqua non si combina più interamente al bisolfito di soda e ciò che restò dopo aver separato con tal mezzo l'essenza ancora indecomposta è alcole benzoico quasi puro.

« In questa esperienza 2 atomi di idrogeno si uniscano direttamente all'idruro di benzoile $\dot{C}^7 H^6 \dot{O}$ per formare alcole benzoico $\dot{C}^7 H^8 \dot{O}$; reazione precisamente inversa di quella che produce l'aldeide partendo dall'alcole corrispondente.

« Si potrebbe obbiettare a tale interpretazione, che l'alcole benzoico, il quale si forma nella reazione annunciata, proviene dall'azione della soda caustica sull'idruro di benzoile con produzione simultanea di acido benzoico, come nel metodo ordinario di preparazione dell'alcole benzoico » l'autore stesso soggiunge:

» La quantità d'alcole prodotto, e la trasformazione dell'acido benzoico in idruro di benzoile per l'azione dell'idrogeno nascente, trasformazione indicata da Kolbe, basterebbe digià per rispondere a questa obbiezione; ma si aggiunge che si può operare la stessa reazione in un liquido acido, allontanandosi così dalle condizioni nelle quali è possibile questa doppia decomposizione dell'idruro di benzoile in alcole e acido benzoico.

« Difatti basta introdurre in una boccia l'idruro di benzoile con acido idroclorico allungato e aggiungere successivamente dell'amalgama di sodio e dell'acido idroclorico in modo da mantenere sempre il liquido acido, che la reazione si effettua colla stessa facilità di prima e si compie anche più rapidamente essendo più celere lo svolgimento dell'idrogeno. Solo vi ha maggiore consumo di amalgama.

« Non si potrebbe rimpiazzare l'amalgama e l'acido idroclorico collo zinco e l'acido solforico, l'idruro di benzoile avendo la proprietà singolare di arrestare o almeno ritardare l'azione dell'acido sullo zinco.

« La conversione dell'idruro di benzoile in alcole benzoico,

Digitized by Google

col metodo indicato, non ha solo un interesse teorico, ma fornisce pure un mezzo vantaggioso per la preparazione dell'alcole benzoico. Difatti da 20 grammi di essenza si è ottenuto poco meno della metà di alcole benzoico puro per averla lasciata reagire per 4 o 5 giorni, forse prolungando maggiormente l'esperienza se ne sarebbe ricavata una quantità maggiore. Ad ogni modo però l'essenza che rimane combinata col bisolfito non è perduta e può adoperarsi nuovamente.

« Resta ora a tentare la stessa reazione su altre aldeidi e particolarmente su quelle di alcoli ancora non conosciuti, come pure sopra gli acetoni.

TRASFORMAZIONE DELL'ALDEIDE IN ALCOLE; AD. WURTZ.

(*Comptes rendus* T. LIV. pag. 915.)

L'Autore dopo essere riescito a trasformare l'ossido di etilene $C^2 H^4 O$ in alcole (1) facendo reagire una soluzione acquosa d'ossido di etilene sopra l'amalgama di sodio, ha ora potuto collo stesso reattivo convertire l'aldeide, isomera dell'ossido di etilene in alcole. È utile però di far conoscere che l'Autore aveva tentato la stessa esperienza collo zinco e l'acido solforico – o l'acido idroclorico – coll'amalgama di zinco, col ferro, ma in nessun caso era riescito a fissare idrogeno sopra l'aldeide, tutto al più il risultato di tali esperienze l'avevano condotto a ritenere che in simili circostanze si formavano forse delle tracce di alcole: egualmente sopra l'etilene questi stessi reattivi non avevano prodotto tracce d'alcole.

« Coll'amalgama di sodio è facile, dice l'Autore, convertire l'aldeide in alcole. L'esperienza riesce anche nelle peggio-

(1) *Comptes rendus*, T. LIV. p, 280.

Digitized by Google

ri condizioni vale a dire mettendo semplicemente una soluzione acquosa ed allungata di aldeide in contatto dell'amalgama di sodio. La soda che si forma resinifica una parte dell'aldeide - ma un'altra porzione si converte in alcole.

« La quantità di alcole è maggiore quando si abbia cura di aggiungere al liquido, convenevolmente raffreddato acido, idroclorico in piccole porzioni per conservare sempre al liquido una leggiera acidità. In questo caso la reazione si compie rapidamente »; distillando il prodotto non si rinviene più traccia di aldeide, solo dopo aver fatto passare l'alcole alla distillazione rimane una piccola quantità di un liquido che offre il sapore e l'odore dell'acraldeide di Bauer o del corpo ottenuto da Lieben coll'azione di certi sali sull'aldeide.

« L'alcole ottenuto in questa reazione è stato purificato colla distillazione sul carbonato di potassa, poi sulla barite caustica.

Esso presenta esattamente l'odore e il punto d'ebollizione dell'alcole ordinario. Trattato col potassio, sviluppa idrogeno e produce etilato di potassa ».

Coll'alcole ottenuto dall'aldeide, l'A. è riescito a preparare l'ioduro di etile che fatto reagire sull'etilato di potassa ha prodotto dell'etere.

L'A. conclude « Non resta dunque alcun dubbio sul fatto della formazione dell'alcole coll'addizione diretta di idrogeno, sviluppato dall'amalgama di sodio, agli elementi dell'aldeide. Perchè questa stessa trasformazione non si compie, oppure si compie, solo difficilmente coll'azione dell'idrogeno messo in libertà dallo zinco o dal ferro? È una questione difficile a sciogliere. Forse che questa differenza è in rapporto col fatto che questi due ultimi metalli (Zn = 66, Fe = 54 spostano H^1, che può svilupparsi allo stato d'idrogeno libero, mentre che un atomo di sodio (Na = 23) sposta II soltanto che ha bisogno di combinarsi sia con H per formare dell'idrogeno libero, sia con un corpo avido di idrogeno. Questa non è che una semplice congettura sulla quale m'astengo d'insistere ».

Digitized by Google

DETERMINAZIONE DELL' ACIDO FOSFORICO IN PRESENZA DELL' OSSIDO DI FERRO, DELL'ALLUMINA E DELLE BASI TERROSE; A. GIRARD.

(*Comptes Rendus*, T. LIV. p. 468).

Alla soluzione dei fosfati nell' acido nitrico esente da cloruri, l' Autore aggiunge stagno puro in quantità 4 o 5 volte maggiore dell' acido fosforico presunto. Lo stagno ossidandosi per l' azione dell' acido nitrico e precipitandosi allo stato di acido stannico, trascina seco la totalità dell' acido fosforico e in piccola parte ancora l' ossido di ferro e l' allumina. Separa il precipitato completamente dal liquido e lo tratta con acqua regia per ridiscioglierlo; a questa soluzione, che non occorre filtrare aggiunge ammoniaca indi solfidrato di ammoniaca. Si produce allora un precipitato nero di solfuro di ferro contenente allumina. Dopo un' ora o due, filtra lavando accuratamente il precipitato con solfidrato di ammoniaca. Aggiungendo al liquido filtrato solfato di magnesia, ottiene, più rapidamente che nelle circostanze ordinarie, il precipitato caratteristico di fosfato ammonico-magnesiaco.

Quanto al filtro contenente il solfuro di ferro e l'allumina, lo tratta con acido nitrico e aggiunge la soluzione filtrata al liquido dal quale aveva separato l' acido stannico per determinarvi il ferro e le altre basi coi metodi ordinarii.

L' Autore assicura che con tal metodo può determinarsi l' acido fosforico delle mescolanze le più complicate, in breve tempo, da un giorno all' altro, ed effettuare la separazione delle altre basi con molta esattezza.

Digitized by Google

Continuazione delle Relazioni tra alcune proprietà termiche ed altre proprietà fisiche dei corpi; del Prof. G. CANTONI.

8. E appunto, per tener conto insieme e della varia caloricità e della varia dilatabilità dei diversi corpi e solidi e liquidi, che giova determinare ciò che diremo le loro *calorie di dilatazione*, cioè le calorie volute a produrre eguali aumenti di volume in ciascun d'essi, presi a volumi iniziali eguali. Supporremo presi i diversi corpi sotto l'unità di volume e ad una medesima temperatura, e determineremo le calorie necessarie a produrre l'incremento di 0,0001 del volume stesso. Chiaro è che a tal uopo converrà produrre in ognuno di essi un aumento di temperatura inversamente proporzionale al suo coefficiente di dilatazione cubica, e che poi le calorie di dilatazione si otterranno dividendo le loro calorie di temperatura dell'unità di volume per il detto coefficiente moltiplicato per 10,000 (1).

Ho quindi valutate le calorie di dilatazione c, per varie sostanze, solide e liquide, assumendo i suesposti valori per le calorie cd di temperatura dell'unità di volume, ed i più attendibili valori per il coefficiente δ della dilatazione cubica, giusta i dati di Dulong e Petit, di Kopp, di Calvert e Johnson e di Billet per i solidi, e giusta quelli di Pierre, di Muncke, di Frankenheim

(1) Siano d, c δ la densità relativa, le calorie di temperatura dell'unità di peso ed il coefficiente della dilatazione cubica di un dato corpo. Saranno dc le calorie di temperatura dell'unità di volume dello stesso. Or queste calorie, mentre producono l'aumento di 1° nella temperatura del corpo, inducono l'incremento δ nell'unità di volume; quindi, a produrre l'incremento di 0,0001 nel volume stesso si richiederanno le calorie c_1 date dalla proporzione $dc : c_1 = \delta : 0{,}0001$, epperò $c_1 = \frac{dc}{10{,}000\,\delta}$, che sono appunto le calorie di dilatazione sovra considerate.

Digitized by Google

e di Kopp per i liquidi. Si noti che per i liquidi i valori assunti per c e per δ son quelli corrispondenti a 0°.

Solidi	*cd*	10.000 δ	c_1	*Liquidi*	*cd*	10.000 δ	c_1
Acciajo . . .	0,885	0,334	2,659	Mercurio . . .	0,449	1,79	0,2508
Platino . . .	0,685	0,265	2,585	Acido solforico .	0,642	5,31	0,1209
Ferro. . . .	0,882	0,335	2,485	Acido azotico .	0,915	10,60	0,0861
Rame . . .	0,842	0,514	1,638	Olio d' ulive . .	0,459	9,21	0,0498
Oro	0,624	0,451	1,448	Alcoole amilico.	0,484	9,72	0,0498
Ottone . . .	0,797	0,570	1,397	Etere ossalico .	0,456	10.70	0,0470
Argento. .	0,597	0,573	1,042	Essenza di cedro	0,575	8,67	0,0430
Antimonio. .	0,340	0,330	1,030	Alcoole etilico .	0,446	10,49	0,0425
Alluminio . .	0,556	0,666	0,835	Terebentene . .	0,357	8,48	0,0420
Zinco. . . .	0,669	0,853	0,784	Alcoole metilico	0,484	11,86	0,0408
Bismuto. . .	0,301	0,405	0,744	Etere acetico. .	0,457	12,58	0,0363
Stagno . . .	0,415	0,675	0,615	Cloruro di solfo .	0,546	9,39	0,0361
Cadmio. . .	0,487	0,959	0,519	Bromo	0,590	10,38	0,0347
Piombo. . .	0,357	0,894	0,399	Liq. degli Olandi.	0,374	11,19	0,0334
				Cloruro di carbo.	0,325	10,65	0,0322
Vetro comune.	0,485	0,27	1,797	Cloroformio . .	0,334	11,07	0,0320
Solfo. . . .	0,359	1,70	0,211	Etere jodidrico .	0,320	11,42	0,0280
Jodio. . . .	0,267	2,55	0,114	Solfuro di carbo.	0,304	11,40	0,0266
Fosforo. . .	0,333	3,65	0,091	Etere etilico . .	0,391	15,15	0,0258

Dal precedente specchio risultano evidenti alcuni fatti importanti:

a) *Le calorie di dilatazione pei liquidi sono, in generale, assai minori che per i solidi.* Nel liquido più coerente, nel mercurio, esse giungono appena ad un decimo di quel che sono nel più tenace fra i metalli usuali, nell' acciajo.

b) Tanto nei metalli solidi, quanto nei solidi non metallici le calorie di dilatazione toccano i più grandi valori in quelli nei quali è massima la coerenza (cioè sia la tenacità, sia la durezza), ed i valori più piccoli corrispondono ai meno coerenti. Nel piombo sono poco più che un settimo di quel che sono nell' acciajo, e nel fosforo sono appena un ventesimo del valore cui giungono nel vetro comune.

c) Anche nei liquidi notoriamente più coerenti e meno vaporabili, il mercurio e l' acido solforico, le calorie di dilatazione raggiungono i valori massimi, mentre i minimi valori s'incontrano nei liquidi meno coerenti e più volatili fra i sovranotati, quali sono gli eteri etilico e jodidrico, il solfuro di carbo-

Digitized by Google

nio ed il cloroformio. Nell' etere ordinario, l' etilico, codeste calorie toccano appena un decimo del valore corrispondente al mercurio.

d) Esclusi però gli anzidetti due liquidi più coerenti, per gli altri può dirsi che le differenze nelle calorie di dilatazione da liquido a liquido sono minori assai delle corrispondenti differenze nei diversi solidi.

Già questi primi rilievi basterebbero, ci sembra, a mostrare l' importanza di codesto modo di valutare la caloricità specifica nei corpi. Intanto vien tolta una tra le principali difficoltà che s' incontravano ad interpretare meccanicamente questa proprietà. Poichè nei solidi è indubbiamente maggiore la coerenza che nei liquidi: e se vuolsi riguardare il calore quale una forza molecolare opposta alla reciproca attrazione delle molecole, maggior quantità di calore si richiederà a produrre una data dilatazione in un solido che non in un liquido.

Ma l' importanza di codesta maniera d' estimazione della caloricità meglio emergerà da un più minuto esame dei dati suesposti e d' altri analoghi che verremo citando.

9. E prima quanto ai solidi è da notarsi che *nei metalli*, eccettuati però quelli a struttura cristallina, come sono il bismuto e l' antimonio, *sussiste un' evidente relazione tra le loro calorie di dilatazione e le varie proprietà che dipendono dalla coesione in essi operante*, cioè la tenacità relativa, il coefficiente d' elasticità, la durezza relativa e la temperatura di fusione. Poniamo quindi a confronto per ciascun metallo le calorie di dilatazione c_1, il coefficiente d' elasticità *e* (1), il limite di tenacità R (2), la durezza relativa D (3), e la temperatura di fu-

(1) Qui pel coefficiente d' elasticità d' un metallo s' intese il peso, in chilogrammi, valevole ad aumentare di 0,0001 la sua lunghezza, operando come forza traente nel senso della stessa dimensione e riferita alla sezione trasversale di un millimetro quadrato. Si preferirono per questo elemento i dati di Wertheim, di Kuppfer e di Masson.

(2) Il limite di tenacità esprime il peso in chilogrammi che vale a produrre la rottura, operando nelle stesse condizioni accennate pel coefficiente d' elasticità. Si espongono i dati di Wertheim pel caso in cui la forza traente cresca lentamente di grandezza, cioè non operi repentinamente.

(3) Per la durezza relativa si espongono i dati di Laboulaye sovra accennati nella nota a pag. 230.

Digitized by Google

sione T. E perchè meglio si vegga entro quali limiti le *calorie di dilatazione si mostrano direttamente proporzionali pei diversi metalli ai rispettivi coefficienti d'elasticità*, aggiungiamo sotto Q il quoto $\frac{c_1}{e}$ (1).

	c_1	e	R	D	T	Q
Acciajo	2,659	1,956	70,0	0,950	1400°	1,36
Platino	2,585	1,704	34,1	0,375	1800?	1,52
Ferro	2,485	1,875	61,1	0,948	1500	1,33
Rame	1,638	1,220	40,3	0,301	1100	1,34
Ottone	1,397	0,900	35,0	....	....	1,38
Argento	1,042	0,741	29,0	0,208	1000	1,41
Alluminio (2) .	0,899	0,713	—	0,271	800?	1,26
Stagno	0,615	0,440	2,5	0,027	232	1,40
Valore medio di Q per gli 8 metalli						1,37
Oro	1,396	0,825	27,0	0,167	1250	1,63
Piombo	0,399	0,223	2,1	0,016	326	1,79
Zinco	0,784	0,873	12,8	0,183	415	0,90
Cadmio	0,519	0,500	2,3	0,108	321	1,04
Valor medio di Q pei 4 metalli						1,36

Per gli otto metalli del primo gruppo, che pur hanno densità e caloricità a peso assai differenti tra loro, è cosa certamente molto rimarchevole la diretta proporzionalità tra le loro calorie di dilatazione ed i loro coefficienti d'elasticità per trazione. Poichè le differenze tra i valori di Q per i singoli metalli devonsi riconoscere ben poco significanti, ove si rifletta alle tante difficoltà sperimentali per un'esatta determinazione dei molti elementi che concorrono a formare codesto quoto Q

(1) Poichè $c_1 = \frac{cd}{10.000\,\delta}$ (v. nota a pag. 226), sarà $Q = \frac{c_1}{e} = \frac{cd}{10.100\,\delta . e}$

(2) Per l'alluminio a calcolare c_1 si assunse per d il valore 2,77 trovato da Masson in quello stesso esemplare pel quale ottenne il contro indicato valore di e. Anche per l'oro si ritenne $d = 18,21$ secondo le prove di Wertheim.

Digitized by Google

(cioè d, c, δ ed e), e più ancora ove si rifletta alle molte condizioni che fanno variare nei diversi esemplari di una stessa sostanza ciascheduna di queste qualità, e massime i coefficienti di elasticità e di dilatazione. Talchè noi crediamo che, qualora siffatti elementi si determinassero tutti in una stessa verga, senza che perciò variasse in essa permanentemente la struttura molecolare, si avrebbero per Q valori assai più concordi pei diversi esemplari di uno stesso metallo ed anche pei differenti metalli. Ebbene questo risultato significa, che *una data quantità di calore operante, in eguali volumi di questi diversi metalli varrebbe ad equilibrare un' egual pressione* operante in tutti i punti della loro superficie (1).

(1) Ed invero $\frac{c_1}{e}$ corrisponde alla quantità di calore necessario a produrre nell' unità di volume del solido una variazione di volume eguale a quella che produrrebbe la pressione o la trazione di un chilogrammo per ogni millimetro quadrato della sua superficie.

Questo risultato può esprimersi sotto altra forma più interessante praticamente. *Con una data quantità di calore*, epperò con una data spesa, *adoperata a scaldare verghe metalliche di diversa natura, ma di eguali dimensioni, si svolgono forze premenli pressochè eguali*, almeno per i metalli del primo gruppo. Infatti se codeste verghe avesser tutte, ad esempio, la sezione d' un centimetro quadrato e la lunghezza di un metro, l' aumento di temperatura t voluto a produrre in esse una dilatazione pari a quella di 0,0001 prodotta dal peso 100 e, sarà dato da $t = 0{,}0001\ \frac{3}{\delta}$, posto δ il coefficiente della dilatazione cubica del metallo; quindi la pressione p in chilogrammi ottenibile coll' aumento di 1° nella temperatura sarà $p = 100\ \frac{e}{t} = 1.000.000\ e\ \frac{\delta}{3}$, ritenuto e il coefficiente d' elasticità del metallo valutato come s' è detto nella nota prima pag. 228. E poichè a produrre quest' aumento di temperatura in una di dette verghe richiedonsi $0{,}1\ dc$ calorie, ritenute le precedenti notazioni, la pressione P in chilogrammi che s' eserciterebbe su due superficie perpendicolari alle basi di tal verga ed opponentisi alla di lei dilatazione, in opera d' una sola caloria impiegata a scaldarla, sarà corrispondente a (1) $P = 10.000.000\ \frac{e\delta}{3\,dc}$; ovvero $P = 1000\ \frac{1}{3Q}$, assumendo il valore di Q (come nella nota 1. pag. 229) Ora, potendosi ritenere Q una quantità costante ed eguale a 1,37 per i metalli del primo gruppo, s' avrà prossimamente P = 245 chilogrammi per ognuno di quei metalli. E si noti che questo valore è indipendente dal valore

Digitized by Google

Per i metalli del secondo gruppo, il piombo e l'oro, i quali vanno distinti per duttilità e mollezza, è facile comprendere come risulti per Q un valore d'assai superiore al quoto medio dei metalli del primo gruppo. Perciocchè, col durare della trazione, diminuisce notevolmente la sezione trasversale del filo metallico, e quindi la forza traente, che opera in fatto su d'una

delle dimensioni effettive delle verghe metalliche adoperate, purchè a scaldarle s'adoperi in ogni caso giustamente una caloria, e purchè esse abbiano una sufficiente sezione per non ischiacciarsi, nè inflettersi nel reagire alla pressione P. Vedremo poi avanti qual rapporto siavi tra questa pressione ottenibile con una caloria e l'equivalente meccanico del calore.

Potrebbesi fare altresì questo interessante riflesso. Poichè la velocità v di propagazione del suono in una verga solida, dove la gravità relativa sia g, secondo Laplace, è data dalla formola $v^2 = 10.000.000\, g\, \frac{e}{d}$, ritenuti per d ed e i significati precedenti, avrebbesi pure, mercè la relazione (1), $v^2 = 3\, g\, P\, \frac{c}{\delta}$, od anco $v^2 = 30.000\, g\, P\, \frac{c_1}{d}$, ritenuto come sopra, le calorie di dilatazione $c_1 = \frac{cd}{10.000\, \delta}$. Pertanto, nei diversi metalli del primo gruppo essendo P e g costanti, *il quadrato della velocità di propagazione del suono sarà in ragione composta diretta della caloricità specifica a peso ed inversa della dilatabilità termica* di ciascuno di essi, ovvero sarà *in ragione composta diretta delle calorie di dilatazione ed inversa della densità* del metallo stesso. Si mostra così anco nei solidi, come ne' fluidi aeriformi, collegata la velocità di trasmissione del suono con alcune loro proprietà termiche. E quest'è un'altra delle moltissime connessioni che si verificano tra i diversi ordini di fenomeni fisici.

Si noti infine che essendo P costante per i metalli del primo gruppo, la relazione (1) potrà esprimersi più semplicemente così (2) $cd = Ae\delta$, posta la costante $A = 0{,}000.0005\, P$, e quindi *le calorie di temperatura a volume cd sarebbero* per questi metalli *in ragione composta diretta dei coefficienti di elasticità e di dilatazione*. E qui si avverta che ognuna delle quantità e, δ, c e d che entrano nella (2) varieranno in fatto in ciascun metallo, anzi in ciascuna individuata verga metallica, sia col variare della temperatura, sia coi diversi stati molecolari che essa può assumere per pressioni o trazioni già subìte; tuttavia, determinando i valori delle anzidette quattro variabili corrispondenti ad una stessa temperatura e ad uno stesso stato molecolare, dovrebbe egualmente verificarsi la (2); cioè sarà costante il rapporto fra il prodotto cd ed il prodotto $e\delta$, qualunque poi siano la temperatura e lo stato molecolare. La quale relazione ci sembra molto importante, potendoci far presagire le variazioni nel valore di ognuna delle dette quantità in funzione delle corrispondenti variazioni occorse nei valori delle altre tre.

Digitized by Google

sezione notevolmente minore della primitiva, divisa per quest' ultima, dà per *e* un valore minore del vero. E così accade che, pur nel primo gruppo, il platino, lo stagno e l'argento, anch' essi duttili e tal poco molli, offrono per Q valori eccedenti il medio.

E per converso nei metalli a struttura un po' cristallina, come sono lo zinco ed il cadmio, posti in un terzo gruppo, e com' è qualche poco anche il ferro, opponendosi la forza d'orientazione allo scorrere ed al ruotare delle molecole le une rispetto alle altre, la sezione trasversale subisce una minore e più lenta diminuzione, talchè il valore di *e* tende a riescir maggiore, e quindi Q minore, per rispetto ad altri metalli che qual più, qual meno s' arrendono e scemano di sezione colla trazione.

È tuttavia notevol cosa che pei metalli dei due ultimi gruppi, nei quali codeste influenze sono di senso contrario tra loro, il medio dei valori di Q sia quasi eguale al valor medio corrispondente ai metalli del primo gruppo. Il che sembra confermare che il rapporto di c, ad e risulterebbe, almeno pei metalli in generale, una quantità costante, qualora si potessero togliere di mezzo le azioni perturbatrici nelle sperienze relative all' elasticità ed alla dilatabilità.

Ma per i metalli a struttura più distintamente cristallina, quali sono il bismuto e l'antimonio (pag. 227), altre condizioni intervengono a perturbare l' or accennato rapporto tra le calorie di dilatazione e la elasticità e tenacità dei solidi. Si è già notato sopra che la coerenza molecolare si manifesta nei diversi solidi sotto differenti forme: essa non opera solo come tenacità, ma ancora come consistenza, durezza, saldezza, rigidità, refrattarietà, ec. Ora nei solidi a struttura uniforme e salda, com' è quella dei metalli in generale, la coesione è determinata più che tutto dall' attrazione molecolare, e quindi col variare di temperatura le molecole non fanno che mutare le rispettive loro distanze, ed il calore opera solo come una forza repulsiva in fra le molecole. Laddove nei corpi a struttura cristallina, la forza d' orientazione opera, e attivamente, insieme coll' attrazione, a determinare tra le loro molecole le varie condizioni della loro coerenza: epperò il calore, per dilatare tali corpi, deve vincere insieme due resistenze, l' una che s' oppone al ruotare

Digitized by Google

degli assi delle molecole, o piuttosto dei gruppi molecolari gli uni rispetto agli altri, e l'altra che s'oppone al mutuo allontanamento dei loro centri di massa. Ora la prima di codeste resistenze non avendo diretta influenza su le variazioni di volume, chiaro appare che a dilatare un corpo cristallino si richiederà più di calore che a dilatare in egual misura un corpo a struttura uniforme, pur supponendo pari in essi l'altra resistenza, cioè l'attrazione molecolare. Ed ecco, diciam noi, il perchè le calorie di dilatazione del bismuto e dell'antimonio risultino poco differenti da quelle dello zinco e dell'argento, ancorchè sia in essi tenacità assai più debole.

10. Per mettere a prova codesta nostra congettura, abbiamo calcolate e riportiamo nel seguente specchio le calorie di dilatazione c_1 per molte sostanze non metalliche a struttura qual più, qual meno cristallina, in base alle loro calorie di temperatura a peso c secondo Regnault e Newmann, alla loro densità relativa d, alle loro calorie di temperatura a volume cd ed al loro coefficiente di dilatazione cubica δ giusta i dati di Kopp e di Pfaff.

E per meglio mostrare le relazioni delle calorie di dilatazione con altre proprietà de' minerali, aggiungiamo a ciascun d'essi il numero esprimente la loro durezza relativa, giusta la scala di Mohs, comunemente adottata dai mineralogisti, ed una notazione esprimente qual sia la forma tipica dei loro cristalli: A indica il cubo, B il romboedro, C il prisma retto a base quadrata, D il prisma retto a base romboidale, ed E il prisma romboidale obliquo. Stimiamo anche opportuno di separare in ispeciale gruppo i minerali che appartengono al sistema romboedrico.

	d	c	cd	10.000δ	c_1	*Durez.*	*Forma*
Calamita FeO, Fe^2O^3	5,40	0,168	0,907	0,29	3,130	5,5	A
Pirite FeS^2	5,00	0,136	0,680	0,34	2,000	6,5	A
Feldspato ortoso	2,40	0,191	0,497	0,26	1,910	6,0	E
Titano rutilo TiO^2	2,25	0,172	0,586	0,32	1,831	6,5	C
Vetro comune con soda	2,45	0,198	0,485	0,27	1,797	4,8	..
Blenda ZnS	4,16	0,123	0,512	0,36	1,421	3,5	A
Spato fluore $CaFl^2$	3,20	0,215	0,688	0,62	1,110	4,0	A
Arragonite CaO,CO^2	2,95	0,208	0,613	0,65	0,944	3,7	D
Celestina SrO,SO^3	3,95	0,143	0,565	0,61	0,926	3,6	D

Digitized by Google

	d	*c*	*cd*	10.000 δ	*c*,	*Durez.*	*Forma*
Barite BaO,SO^3	4,70	0,113	0,531	0,58	0,916	3,5	D
Spato pesante BaO, CO^2	4,30	0,110	0,470	0,52	0,904	3,5	D
Galena PbS	7,58	0,051	0,387	0,58	0,666	2,6	A
Spato calcare CaO,CO^2	2,72	0,209	0,569	0,20	2,845	3,0	B
Ferro spatico FeO,CO^2	3,85	0,193	0,739	0,32	2,310	3,5	B
Apatite, fosfato calcare	3,18	0,199	0,633	0,52	1,977	4,5	B
Quarzo SiO^2	2,65	0,191	0,518	0,42	1,233	7,0	B

Il precedente quadro suggerisce i seguenti riflessi:

a) Anche nei minerali cristallini le calorie di temperatura a peso sono, in generale, minori dov'è maggiore la densità: perciò le calorie di temperatura a volume differiscono tra loro (nel rapporto di 1 a 2,4 nella galena e nella calamita) meno di quanto differiscono pure tra loro le calorie a peso (1 a 4,2 nella galena e nello spato fluore).

b) Anche per questi solidi le calorie di dilatazione sono assai maggiori che nei corpi liquidi; talchè nella sostanza minerale (la galena) nella quale toccano il minimo valore, sono tuttavia il triplo circa del valore correlativo al liquido più coerente (il mercurio).

c) Le calorie di dilatazione delle sostanze cristalline proporzionalmente alla loro tenacità, sono maggiori che per le sostanze metalliche (1).

(1) Che nei corpi a struttura cristallina la coerenza sia, in generale, più valida che negli amorfi, s'inferisce anco da ciò che qualora una sostanza può solidarsi, per diverse circostanze, sotto tali due diversi modi d'aggruppamento, offre, oltre ad una maggiore durezza, una resistenza maggiore alla fusione ed ai reagenti chimici, quand'è cristallina che quand'è amorfa, come provarono per moltissimi esempi Robin e Fournet. Il solfo molle e lo zuccaro amorfo si fondono a temperature rispettivamente più basse che il solfo prismatico e lo zuccaro cristallino. I vetri svetrificati (cioè resi cristallini col processo di Reaumur) sono più duri, più densi e più restii al fondersi che nol siano i vetri stessi nello stato amorfo. Altrettanto si verifica per l'anfigeno. Per contro il granato, varii silicati naturali, ed il quarzo ridotti allo stato vitroide od amorfo diminuiscono di densità, di durezza e di resistenza ai reagenti chimici. È pure un rilievo importante che il vetro cristallino, il solfo cristallino, ed in genere i corpi cristallini, fondendosi, passano direttamente ad una perfetta liquidità, laddove se sono amorfi, si ammolliscono innanzi di liquefarsi.

Digitized by Google

d) *Pei minerali del* 1°. *gruppo*, benchè appartenenti a diversi sistemi cristallini, *le calorie di dilatazione si mostrano* in generale, *commisurate alla loro durezza relativa.* Però risultano anche in ragione inversa della loro dilatabilità ed in ragion diretta della loro densità.

e) *Per i minerali del* 2°. *gruppo*, la cui forma tipica di cristallizzazione è il romboedro, le calorie di dilatazione appajono, all'incontro decrescenti coll'aumentare della durezza. Ma per questi si rileva che *le calorie stesse sono tanto maggiori quant'è maggiore la differenza nella dilatabilità a seconda dei diversi assi del cristallo.* Così nello spato calcare codesta differenza è così grande che, secondo Pfaff, nel mentre v'è una dilatazione lineare di 0,0000263 secondo l'asse principale, v'è una contrazione di 0,0000031 nel verso dei due assi ad esso perpendicolari (1) talchè la dilatazione cubica effettiva è assai piccola (0,000020 in luogo di 0,000079 che si verificherebbe se la dilatabilità procedesse egualmente secondo i tre assi come secondo l'asse principale), ed il cristallo tende a modificare la sua forma, facendosi meno ottusi gli angoli solidi ottusi e meno acuti gli angoli acuti, cioè il romboedro tende ad accostarsi alla forma del cubo. È poi da credere che codesta ineguale dilatabilità sia meno sentita in quei minerali i quali hanno meno ottusi gli angoli solidi rispondenti all'asse principale: così nel quarzo essa dev'essere piccola, poichè tali angoli sono di 94° soltanto, mentre nello spato calcare e nel ferro spatico sono rispettivamente di 105° e 107°.

f) Laonde *nei solidi cristallini, e massime in quelli la cui dilatazione termica è molto diseguale nelle varie direzioni, le calorie di dilatazione risultano, a pari coerenza, maggiori che nei solidi a struttura uniforme.* Poichè, nei primi, il calore trova resistenza alla dilatazione non solo nelle forze attrattive molecolari, ma ancora in quelle di orientazione. Anzi il

(1) Anche il Mitscherlich aveva notato il fatto della contrazione nel verso d'alcuni assi nello spato islandico e l'aveva trovata di circa 0,0000049 per ogni grado di riscaldamento, mentre secondo l'asse principale trovò una dilatazione lineare di 0,0000295. Però v'è accordo nella risultante dilatazione cubica di circa 0,000020.

Digitized by Google

fatto ora notato da noi, a mezzo delle calorie di dilatazione, ci sembra una novella e chiara conferma della necessità di ammettere tra le molecole dei solidi una tendenza all'accostarsi ed altra al disporsi le une rispetto alle altre con determinate direzioni nei rispettivi loro assi di figura; la qual ultima tendenza è appunto denominata forza molecolare d'orientazione.

Ora codesti rilievi confermano l'interpretazione suesposta (pag. 234) dell'anomalia offerta fra gli altri metalli dal bismuto e dall'antimonio. È rimarchevole essere quest'ultimo metallo l'unico, forse, che cristallizzando, non assuma forme derivative dal cubo, cioè pertinenti al sistema regolare. L'antimonio cristallizza in romboedri; e questi hanno gli angoli solidi rispondenti all'asse principale di 117°, cioè assai ottusi. Sono queste adunque le condizioni più favorevoli, secondo il rilievo *e*), all'esercizio delle forze d'orientazione; epperò le calorie di dilatazione, essendo per molta parte spese a superarle, risultano maggiori che in altri metalli più tenaci di esso. E ci conferma in questo giudizio il fatto che nell'antimonio il coefficiente di dilatazione è così piccolo da eguagliare quello dell'acciajo, benchè tal coefficiente nei metalli poco tenaci, come sono il cadmio, lo stagno ed il piombo, sia molto rilevante (il doppio od il triplo che nell'acciajo), il che lascia ragionevolmente supporre esservi nell'antimonio una ben differente dilatazione nel verso dell'asse principale per rispetto a quella degli altri due assi, a modo che si notò sopra pei minerali del sistema romboedrico ad angoli assai ottusi. Tuttavia nell'antimonio è una durezza relativa di 2,7, giusta la scala di Mohs, cioè poco minore che nello zinco e nel cadmio.

Anche il bismuto nel quale la struttura cristallina è così distinta, offre calorie di dilatazione maggiori di quelle volute dalla sua debole tenacità. I suoi cristalli appartengono al sistema regolare, ed hanno una durezza di 2,5, cioè un po' superiore a quella dello stagno (1). Convien però ritenere che pur in esso a contrastare la dilatazione termica intervengano efficaci

(1) Secondo il quadro della durezza relativa dei metalli esposto dal Laboulaye nell'opera succitata, essa sarebbe nel bismuto 0,052 e nello stagno 0,027 di quella della ghisa bigia inglese.

Digitized by Google

le forze d'orientazione, dacchè anche nel bismuto è debole il coefficiente della dilatazione cubica, cioè meno della metà di quel che è nello zinco.

11. Ed anche su le calorie di dilatazione per diversi liquidi esposte a pag. 227 si possono fare altre interessanti considerazioni.

Innanzi tutto la relazione intima tra codeste calorie e la coerenza relativa ne' vari liquidi appare manifesta, mettendo quelle a confronto con alcune proprietà che ne' liquidi hanno stretta attinenza colla coesione, quali sono i rispettivi coefficienti di compressibilità e di capillarità. Ma poichè entrambe queste qualità, come pure la caloricità specifica e la dilatabilità termica variano notevolmente e rapidamente ne' liquidi col mutare della temperatura, il detto confronto non è abbastanza rigoroso, se non si conoscono per ciascun liquido i valori d'ognuno di tali elementi che entrano nel calcolo sotto una stessa temperatura. Laddove per pochi liquidi abbiamo dati attendibili su le variazioni nella loro caloricità a peso e nella loro compressibilità in relazione alle temperature, e son quelli di Regnault pel primo riguardo e di Grassi per il secondo. I dati di Colladon e Sturm su la compressibilità non furono ottenuti con un piezometro così appropriato qual'è quello di Regnault, usato da Grassi. Ma anco i dati di quest'ultimo, tranne che per l'acqua, sono scarsi molto, segnatamente per rispetto all'influenza della temperatura.

Tuttavia ci sembra che i dati raccolti nel quadro seguente valgano a mostrare che *le calorie di dilatazione, anche nei liquidi, forniscono un sicuro criterio sul vario grado di coerenza delle loro particelle.* Sotto c, si riproducono le calorie di dilatazione per vari liquidi alla temperatura 0°, ove non sia altrimenti indicato, aggiungendo un ? a quelle che sono un poco incerte, perchè non è ben determinata la loro caloricità specifica a peso; sotto p' si espongono i coefficienti della compressibilità, in milionesimi del volume primitivo, per l'aumento di un'atmosfera nella pressione; e sotto ad i coefficienti della capillarità, cioè il prodotto dell'elevazione a, in millimetri, del liquido entro un cannello il cui raggio sia di un millimetro, per la densità relativa d del liquido stesso, e ciò secondo Franken-

Digitized by Google

heim, Mendeléeff ed Avogadro. Le lettere aggiunte ai coefficienti di compressibilità e di capillarità corrispondono alle iniziali dei nomi dei vari osservatori sovrà ricordati.

	c_1	p'		$a.d$		c_1p'
Mercurio	0,2508	5,89	R.	75,6	A.	1,48
Acido solforico . . .	0,1209?	24,0	G.	15,4	F.	2,90
id. azotico	0,0949?	35,5	C.S.	8,85	F.	3,37
Terebenteno.	0,0422	73,0	C.S.	6,02	F.	3,08
Alcole etilico a 7° .	0,0418	82,8	G.	4,97	F.	3,46
id. metilico a 14°	0,0388	90,2	G.	5,52	M.	3,49
Etere acetico	0,0363?	79,3	C.S.	5,52	F.	2,82
Etere etilico a 14°.	0,0247	140,2	G.	3,98	F.	3,46
Valor medio dei prodotti c_1p', escluso il mercurio .						3,22

Abbiamo aggiunto sotto c_1p' il prodotto delle calorie di dilatazione per il coefficiente di compressibilità, che è quanto dire le calorie necessarie a produrre nei diversi liquidi aumenti di volume corrispondenti alle contrazioni che tende a produrvi l'aumento di un'atmosfera nella pressione. Astrazion fatta del mercurio, per gli altri liquidi può credersi che qualora i diversi dati che concorrono a formare il prodotto c_1p' per ciascuna sostanza fossero stati rilevati su saggi aventi la stessa composizione e presi ad una stessa temperatura, i prodotti non differirebbero sensibilmente da liquido a liquido. Or ciò significherebbe che in volumi eguali de' diversi liquidi una data quantità di calore valga a reagire ad un egual somma di pressioni estrinseche, ossia a produrre con essi un'egual quantità d'azione meccanica sovra i corpi che si oppongono alla loro dilatazione. Un tale risultato, analogo a quello notato sopra a pag. 229 per i metalli solidi, sarebbe di tanta importanza per la teoria meccanica del calore, che è desiderabile si possa estendere ad un numero assai maggiore di liquidi il precedente confronto tra le calorie di dilatazione e la compressibilità meccanica (1).

(1) Qualora altri liquidi, oltre l'acqua, dietro accurate prove su la compressibilità, dilatabilità e caloricità offrissero pel prodotto c_1p' valori notevolmente diversi tra loro, dovrebbesi inferirne che pur in essi

Digitized by Google

Ma se l'acqua fa certamente eccezione a questo risultato, è che in essa le forze d'orientazione si mostrano tanto efficaci alle basse temperature (1) da renderne assai complicata la legge di dilatazione, e perchè essa offre, secondo le prove di Grassi, l'altra curiosa proprietà di diminuire nella compressibilità coll'aumentare della temperatura (2), in opposizione a quanto fanno gli altri liquidi e a quanto fa l'acqua stessa ove appena contenga dei sali o degli acidi in dissoluzione. Per essa, a temperature che non sian molto discoste da 0°, le calorie di temperatura sono in grande eccesso, come nei solidi cristallini, rispetto all'esercizio della sola attrazione molecolare. Sul qual proposito faremo più innanzi altri riflessi.

V'è un altro aspetto pel quale le calorie di dilatazione nei liquidi si mostrano collegate colla loro coerenza relativa: è quello delle loro temperature d'ebollizione. Convien però distinguere i liquidi organici in varii gruppi secondo le analogie nella loro composizione; appunto come già fece Kopp per rispetto alle relazioni sussistenti tra le formole chimiche de' varii liquidi organici e le loro temperature d'ebollizione. Ecco alcuni confronti pei liquidi già citati sopra a pag. 227.

sieno efficaci le forze d'orientazione, cioè aver essi una tal quale viscosità. Dalle sperienze di Savart, su le forme dei veli liquidi formati per urto dalle vene liquide, emerge aver l'acqua un massimo di viscosità a 4°, appunto quand'essa dà un massimo per le calorie di dilatazione ed un minimo per la dilatabilità termica. Epperò, quand'anche il suenunciato principio non si verificasse, certo è che codeste considerazioni su le calorie di dilatazione nei solidi e nei liquidi hanno il vantaggio di metterci su la via di nuove indagini sperimentali, atte a farci meglio intendere la costituzione fisica di tali corpi e le relazioni tra le loro proprietà meccaniche e le termiche.

(1) Ancora a 53° s'avrebbe per l'acqua $c_1 = 0.1095$, e $p_1 = 44{,}1$ secondo Grassi; epperò il prodotto $c_1 p' = 8{,}30$ risulta assai maggiore che per tutti gli altri liquidi. Ma aumentando sempre più la temperatura, codesto prodotto differirà tanto meno dal detto prodotto medio, poichè diminuiscono entrambi i fattori di esso.

(2) Macquorn Rankine trovò che la compressibilità dell'acqua a diverse temperature, quale emerge dalle sperienze di Grassi, risulta invariamente proporzionale al prodotto della densità che essa ha ad ogni temperatura per questa stessa temperatura, contata però dallo zero assoluto.

Digitized by Google

	Calorie di dilatax.	*Temper. d'ebolliz.*		*Calorie di dilatax.*	*Temper. d'ebolliz*
Alcole amilico .	0,0498	132°	Etere ossalico .	0,0470	184°
id. etilico . .	0,0425	78	id. acetico. .	0,0363	74
id. metilico .	0,0408	67	id. jodidrico.	0,0280	70
			id. etilico . .	0,0258	36
Olio d'ulive. . .	0,0498	310			
Essenza di cedro.	0,0430	163	Cloruro di solfo	0,0361	138
id. di terebinto	0,0422	156	id. di carbonio	0,0322	124
			Solfuro id. .	0,0266	48
Liq. degli Oland.	0,0334	85			
Cloroformio . . .	0,0320	64			

12. Risoluta così la principale difficoltà relativa alla caloricità specifica de' corpi, col mostrare che questa, guardata sotto l'aspetto delle calorie di dilatazione, risulta maggiore nei solidi che nei liquidi, e più nei più coerenti, ci riesce agevole di risolvere altre due difficoltà, toccate dianzi, che sembravano avvalorare il fallace concetto di capacità specifica de' corpi pel calore.

Il calore specifico (o come noi diciamo le calorie di temperatura dell'unità di peso) aumenta nei singoli corpi coll'elevare i limiti delle temperature entro i quali lo si determina. Ma è da notare che in pari tempo scema nei corpi la densità e si aumenta la dilatabilità. Ora, se veramente il calore che cresce la temperatura ne' corpi può guardarsi quale un movimento molecolare contrario alla attrazione molecolare operante fra le loro molecole, le calorie di dilatazione, e nei solidi e nei liquidi, dovrebbero andar scemando mano mano che la temperatura viene in essi elevata, poichè con ciò va pure affievolendosi la coesione coll'aumento nelle distanze molecolari.

Abbiamo quindi messa a prova questa illazione, calcolando le calorie di dilatazione fra diversi limiti di temperatura per quei pochi solidi, pei quali, secondo le accurate determinazioni di Dulong e Petit, si conoscono ad un tempo le correlative variazioni e nella caloricità a peso e nella dilatabilità. Esponiamo perciò i valori medi, fra i diversi notati limiti di temperatura, per le calorie c di temperatura dell'unità di peso, per le calo-

Digitized by Google

rie cd' di temperatura dell'unità di volume, e per le calorie c di dilatazione dei detti solidi, ritenuto $c_i = \frac{cd'}{10{,}000\,\delta}$. ove d' e δ notano la loro densità media ed il loro coefficiente medio di dilatazione fra gli stessi limiti di temperatura.

			c	$10.000\,\delta$	cd'	c_i
Ferro	da 0°. a	100°.	0,1098	0,3546	0,8290	2,328
id.	» 0	» 300	0,1218	0,4304	0,9076	2,066
Vetro	» 0	» 100	0,1770	0,2583	0,453	1,754
id.	» 0	» 300	0,1900	0,3033	0,446	1,471
Rame	» 0	» 100	0,0940	0,5154	0,8400	1,630
id.	» 0	» 300	0,1013	0,5649	0,8905	1,576
Platino (1)	» 0	» 100	0,0335	0,2652	0,706	2,663
id.	» 0	» 300	0,0343	0,2754	0,724	2,628

Dunque *in codesti solidi le calorie di dilatazione vanno* appunto *diminuendo coll' aumentare della temperatura*. Ed è rimarchevole che questa diminuzione è più sentita nel vetro e nel ferro, ne' quali è più distinto l' aumento nella caloricità a peso, poichè in essi è più rilevante il correlativo aumento nella dilatabilità. E questi due corpi hanno anche la proprietà di diminuire rapidamente nella coerenza ad alta temperatura, come il dimostrano la pastosità del vetro e la malleabilità del ferro al calor rovente.

Anche nei liquidi, pei quali è, in generale, molto maggiore che pei solidi l' incremento della caloricità a peso, *le calorie di dilatazione diminuiscono coll' aumentare della temperatura*, poichè nei liquidi è pur sentito il correlativo incremento nella dilatabilità. Ed i fenomeni capillari dimostrano che nei liquidi decresce notevolmente la coesione coll' elevarne la temperatura. Valgano i seguenti esempii, ove si ammisero per la caloricità a peso c i dati recenti di Regnault, e per la dilatabilità i dati di Pierre: pel mercurio si tennero i dati di Dulong e Petit per la caloricità, e quelli di Regnault per la dilatabilità.

(1) Per le calorie a peso c del platino sotto varie temperature si adottarono i valori ottenuti con molte prove da Pouillet.

Digitized by Google

				c	10.000δ	c_1
Mercurio	da 0°	a	100°	0,0330	1,815	0,253
id.	» 0	»	300	0,0350	1,866	0,232
Acqua	» 0	»	100	1,0050	4,265	0,2253
id.	a	10°	.....	1,0005	0,91	1,0993
id.	»	50	.....	1,0042	4,76	0,2085
id.	»	90	.....	1,0109	7,18	0,1359
Alcoole etilico	»	0	.....	0,5476	10,50	0,04250
id.	»	37	.....	0,6397	11,84	0,04229
id.	»	75	.....	0,7530	13,34	0,04225
Etere etilico	»	0	.....	0,5290	15,1	0,0259
id.	»	30	.....	0,5468	16,5	0,0234
Terebenteno	»	0	.....	0,4106	9,0	0,0399
id.	»	160	.....	0,5068	11,2	0,0339
Cloroformio	»	0	.....	0,2324	11,1	0,0320
id.	»	60	.....	0,2384	13,2	0,0257
Solfuro di carbonio	»	0	.....	0,2352	11,4	0,0267
id.	»	30	.....	0,2401	12,5	0,0240

Per l'acqua merita rimarco il rapido decremento nelle calorie di dilatazione a temperature poco superiori a quella del massimo di densità. Se queste calorie, come noi crediamo, misurano tanto le azioni molecolari attrattive, quanto quelle di orientazione, si mostra qui una notevole influenza di quest'ultime (le quali non si misurano coll'elevazione ne' cannelli capillari), non meno che s'è visto sopra ne' solidi cristallini tanto che l'acqua a temperature poco superiori a 4° mostra calorie di dilatazione che pareggiano quelle dei solidi. Anzi a temperature inferiori a 4° codesta influenza delle forze d'orientazione è così preponderante nell'acqua liquida, che ogni sottrazione di calore, cioè ogni diminuzione nella velocità rotatoria delle molecole, anzichè dar luogo ad una contrazione, concede un maggiore discostamento tra le molecole stesse, il quale poi è distintissimo, lorchè esse si aggregano sotto forma solida e cristallina. Ma di questo delicato argomento diremo ancora trattando de' fenomeni che accompagnano la liquefazione dei solidi. Fu però per siffatto riguardo che addietro non si pose l'acqua a confronto cogli altri liquidi, dei quali si calcolarono le calo-

Digitized by Google

rie di dilatazione in corrispondenza a 0° nel quadro a pagina 227 (1).

È notevole che fra i liquidi saggiati soltanto l'alcoole etilico offre un piccolissimo decremento nelle calorie di dilatazione passando da 0° a 75°. Ma vuolsi pur notare che questo liquido offre intanto anche un aumento nella caloricità a peso ben più rilevante che negli altri, cioè nel rapporto da 1,0 ad 1,38, secondo i dati di Regnault come è già stato detto. Laonde sospettiamo che l'alcoole usato da Regnault in queste prove su la caloricità fosse ad un grado di concentrazione differente da quello usato da Pierre nelle sue sperienze su la dilatabilità.

13. E pur quando una sostanza in istato liquido offre una caloricità a peso maggiore che nello stato solido, è da avvertire che la dilatabilità termica è nel liquido assai maggiore che nel solido, e che la densità relativa d'ordinario diminuisce colla liquefazione, essendo questa accompagnata da un aumento di volume; talchè, per entrambi i riguardi, le calorie di dilatazione tendono a scemare pel liquido.

S'è notato in altro luogo che l'aumento nella caloricità dell'unità di peso correlativo alla liquefazione è maggiore nelle sostanze non metalliche che nelle metalliche. Ora, per buona sorte, dietro le determinazioni di Kopp e di Billiet, abbiamo i dati bastevoli a risolvere questa quistione per alcune di quelle sostanze che mostrano più rilevante il detto aumento, cioè per l'jodio, il solfo ed il fosforo. Ed ecco per questi corpi il confronto delle calorie di dilatazione ne' due stati a temperature prossime a quella per cui verificasi la loro liquefazione (2), cal-

(1) Tuttavia vuolsi avvertire che il valor medio delle calorie di dilatazione da 0° a 100° sono nell'acqua minori che nel mercurio. Con questo valor medio viene ad essere attenuata l'influenza delle forze d'orientazione. Però quest'influenza si mostra ancora efficace assai oltre i 10°; poichè la diminuzione nelle dette calorie da 10° a 50° è circa 12 volte maggiore di quella che si verifica da 50° a 90°. Ed è quindi soltanto fra quest'ultimi limiti che le calorie di dilatazione dell'acqua tengono colle analoghe calorie degli altri liquidi un rapporto meglio rispondente alla coesione relativa dei liquidi stessi.

(2) Se si fossero assunte nel confronto le calorie di dilatazione delle sostanze solide alla temperatura 0, invece che a quella di fusione, la differenza in più per lo stato solido sarebbe apparsa ancor maggiore.

Digitized by Google

colate mercè la relazione $c_1 = \frac{c}{10.000\,\delta} \cdot \frac{d}{v}$, ove d è la densità della sostanza solida a 0°, v il volume che l'unità di volume a 0° della sostanza assume alla temperatura di liquefazione, sia essendo ancor solida, sia ridotta liquida, c e δ sono le calorie di temperatura dell'unità di peso ed il coefficiente di dilatazione cubica, sia nell'uno, sia nell'altro stato, ma a temperature prossime a quella della fusione.

Calorie di dilatazione in stato

	solido	*liquido*
Solfo	$c_1 = \frac{0,2026}{1,70} \cdot \frac{2,07}{1,0956} = 0,225$	$c_1 = \frac{0,2340}{5,14} \cdot \frac{2,07}{1,1504} = 0,0819$
Jodio	$c_1 = \frac{0,0541}{2,35} \cdot \frac{4,95}{1,0487} = 0,1086$	$c_1 = \frac{0,1082}{8,56} \cdot \frac{4,95}{1,2611} = 0,0496$
Fosforo	$c_1 = \frac{0,1887}{3,65} \cdot \frac{1,77}{1,0159} = 0,0901$	$c_1 = \frac{0,2025}{5,21} \cdot \frac{1,77}{1,0517} = 0,0654$.

Dunque, per queste sostanze, compreso il jodio, la cui caloricità a peso nello stato liquido è doppia che nel solido, *le calorie di dilatazione sono notevolmente minori per lo stato liquido che per il solido.* E ciò esser deve in correlazione alla diminuzione di coesione che accompagna la liquefazione di queste sostanze. Il che importa altresì che l'aumento nella dilatabilità sia in esse maggiore di quello che accade nella loro caloricità. È però assai probabile che anco nei metalli, ne' quali è minore l'aumento nella caloricità a peso, le calorie di dilatazione diminuiscano colla liquefazione (1).

(1) Anche sotto questo aspetto l'acqua offre una particolarità. Poichè essa, quand'è liquida a temperature inferiori a 0°, si contrae e notevolmente, coll'aumentare della temperatura, anzichè calorie di dilatazione, meriterebber nome di *calorie di contrazione* quelle che valgono a produrre la diminuzione di 0,0001 nel di lei volume. Ciò conferma che in tali condizioni le forze d'orientazione sono contrarie e prevalgono d'assai alle forze attrattive molecolari (pag. 242). È tuttavia rimarchevole che le calorie di contrazione per l'acqua liquida da — 20° a 0°, giusta i dati di Pierre, sono per medio, in minor numero delle calorie di dilatazione del-

Digitized by Google

Pertanto, nel mentre che le due summenzionate difficoltà relative alla caloricità specifica, vengono risolte col considerare le calorie di dilatazione, appare ancor meglio confermato il principio, che *tutto quanto importa una diminuzione nella coesione delle sostanze, importa altresì una diminuzione nelle rispettive calorie di dilatazione.* E quindi, in ogni caso, il calore termometrico d'un corpo può guardarsi quale una forza antagonista e commisurata alla coerenza sussistente tra le sue molecole.

14. Per tutti i rilievi precedenti ci sembra che i fenomeni della caloricità specifica ricevano una spiegazione scientifica, venendo subordinati a generali principii di meccanica.

A voler però raffrontare lo scambio di calore per contatto fra i corpi collo scambio di moto fra i corpi elastici urtantisi, come altra volta si è detto, bisogna tener conto d'una importante condizione per cui il primo fenomeno differisce dall'altro. I corpi elastici, in seguito all'urto, non offrono alcuna permanente alterazione nell'aggruppamento delle loro molecole, le quali formano un sistema dotato delle condizioni di equilibrio stabile, epperò la variazione occorsa nella velocità di due corpi urtatisi ha soltanto attinenza colla loro massa relativa e colla direzione e velocità del loro precedente movimento. Invece nella mutua azione termometrica dei corpi a contatto, ogni variazione nella velocità termica delle molecole implica una correlativa variazione nelle mutue distanze delle molecole stesse e quindi una variazione nell'intensità delle loro forze aggregative: or queste variando con diversa legge ne' corpi fisicamente eterogenei (per composizione o per struttura molecolare), si richiederanno sforzi diversi, epperò differenti perdite o guadagni di calore, per indurre eguali variazioni nella temperatura sia di masse eguali, sia di eguali volumi dei corpi stessi. In altre parole, per produrre eguali variazioni nelle velocità termiche tra

l'acqua solida, pure, per medio, dà — 20° a 0°, giusta i dati di Brunner. Posto, al solito $c_1 = \frac{c \cdot d}{10.000\,\delta}$, si ha per l'acqua solida $\frac{0,504}{1,22}\,0,920 = 0,380$, e per l'acqua liquida $-\frac{1,000}{3,40}\,0,996 = -0,293$.

Digitized by Google

le molecole di due corpi eterogenei a contatto, bisogna promuovere tra esse tali variazioni di distanza che richiedono quantità diverse di calore. Che se i corpi sono omogenei ed a temperature poco differenti, potendosi ritenere che sia pressochè eguale la coerenza in ognuno di essi, a produrre eguali variazioni di temperatura in masse eguali, occorreranno quantità di calore assai prossimamente eguali, ed allora si verificherà per essi in tutta la sua semplicità la legge meccanica del ricambio delle velocità tra i corpi elastici urtantisi.

Però anche la generale espressione della legge di Richmann pel caso de' corpi eterogenei, qual fu esposta precedentemente, $\theta = \frac{mct + m'c't'}{mc + m'c'}$, dietro i suesposti rilievi, acquista un chiaro significato meccanico. Infatti essendo $m = vd$, $m' = v'd'$ e ritenendo $c_1 = \frac{cd}{\delta}$, $c'_1 = \frac{c'd'}{\delta'}$, come a pag. 227, dove v e v' d e d', c_1 e c'_1, δ e δ' esprimono rispettivamente i volumi, le densità relative, le calorie di dilatazione ed i coefficienti di dilatazione dei due corpi posti a contatto e fra i quali si equilibrano le temperature, si avrà $mc = vc_1\delta$, ed $m'c' = v'c'_1\delta'$. Ora queste quantità esprimono appunto le calorie necessarie a produrre gli aumenti δ e δ' nei rispettivi volumi v e v' dei due corpi, e quindi esprimono i lavori meccanici perduti o guadagnati nel produrre le dilatazioni o le contrazioni che si verificano ne' corpi stessi ad ogni grado di variazione nella loro temperatura. Dunque, *tenendo conto di queste varie resistenze interne de' corpi, gli scambi di calore per contatto fra i corpi, seguono la stessa legge meccanica degli scambi di moto per urto diretto tra i corpi elastici.*

E se ancora ci appajono alcune anomalie, oppure se altre eccezioni si manifestassero per altri corpi non considerati qui sopra, noi abbiam fede che esse pure verranno risolte da ulteriori studii sperimentali, i quali ci sembrano poter essere favoriti dai principii direttivi qui toccati.

15. Anche nei fluidi aeriformi la caloricità specifica ha relazione colla loro densità relativa, colla loro dilatabilità e colla suscettività loro alla liquefazione, e quindi anche con quel debol grado di coesione che in taluni di essi si verifica. Perciò le

Digitized by Google

calorie di temperatura ad eguali volumi differiscono nei varii gas molto meno delle corrispondenti calorie a pesi eguali. E le calorie di dilatazione dei gas, calcolate in egual modo che nei liquidi, differiscono tra loro ancor meno che le anzidette calorie a volumi, poichè quest' ultime sono, in generale, maggiori dov'è maggiore la dilatabilità.

Valgano a conferma i seguenti dati, dove sotto c si notano le calorie di temperatura dell' unità di peso degli indicati gas, sotto d' la densità relativa riferita a quella dell' aria, sotto $p = 0{,}001293$ il peso dell' unità di volume dell' aria secca a 0° ed alla pressione di un' atmosfera (talchè il prodotto $d'p$ corrisponde al peso dell' unità di volume dei gas stessi a 0° ed a un' atmosfera), sotto $cd'p$ le calorie di temperatura dell' unità di volume, sotto δ il coefficiente della dilatazione cubica a pressione costante, e sotto $c_1 = \frac{cd'p}{10.000\,\delta}$, le calorie di dilatazione degli stessi gas. Per i valori di c, d' e δ si ammisero i dati di Regnault.

	c	d'	$cd'p$	$10.000\,\delta$	c_1
Idrogeno	3,4046	0,0692	0,0003046	36,61	0,00000832
Aria atmosferica	0,2374	1,0000	3070	36,67	835
Ossido di carbonio	0,2479	0,9674	3102	36,69	843
Acido carbonico	0,2164	1,529	4395	37,10	1153
Protossido d'azoto	0,2238	1,525	4413	37,19	1187
Acido solforoso	0,1553	2,247	0,0004511	39,03	0,00001156

Mentre gli estremi valori per le calorie di temperatura dell'unità di peso differiscono da 1 a 22, quelli delle calorie dell'unità di volume differiscono solo da 1 ad 1,5, e quelli delle calorie di dilatazione differiscono appena da 1 ad 1,4.

È rimarchevole che fra codesti gas gli ultimi tre, l'acido solforoso, il protossido d' azoto e l' acido carbonico son quelli che più sentitamente divergono dalla legge di Boyle, mostrando una compressibilità crescente colla pressione, e che perciò meno resistono alla liquefazione: talchè si manifesta tra le loro molecole una tendenza all' avvicinamento, analoga alla coesione. E appunto questi tre gas offrono per le calorie di dilatazione

Digitized by Google

valori assai maggiori di quelli offerti dagli altri tre precedenti gas, pei quali non fu sinora possibile la liquefazione, anche con enorme pressione e con intenso freddo. In quest' ultimi adunque, e segnatamente nell' idrogeno, il quale offre i caratteri di un gas perfetto (mostrandosi meno compressibile coll' aumentare delle pressioni, giusta le prove di Regnault), è da credere che il tenuissimo valore delle loro calorie di dilatazione corrisponda principalmente al lavoro meccanico che essi devono produrre nel dilatarsi, in opposizione alla pressione di un' atmosfera che supponesi operante su di loro. Negli altri gas invece una parte delle loro calorie di dilatazione corrisponderà ad un' interna resistenza, analoga, benchè assai debole, a quella che si esercita nella dilatazione dei fluidi liquidi. Tanto dev' esser piccola codesta interna resistenza che nel protossido d' azoto le calorie di dilatazione, compresovi l' or accennato lavoro d' elaterio, giungono appena ad un duemillesimo delle calorie di dilatazione del liquido meno coerente, l' etere etilico (pag. 227).

16. Pertanto, *qualunque sia lo stato fisico dei corpi*, solido, liquido od aeriforme, *la caloricità specifica, considerata in riguardo alle calorie di dilatazione, si mostra correlativa alla varia coerenza delle loro parti, e quindi alle diverse loro proprietà fisiche che con questa hanno attinenza.*

Capo II.

Fenomeni inerenti alle mutazioni nello stato fisico de' corpi.

17. Anche sui fenomeni termici che accompagnano le mutazioni nello stato fisico dei corpi si possono fare non poche considerazioni, che valgono a mettere ancor meglio in chiaro le attinenze sussistenti tra le proprietà fisico-chimiche e le proprietà termiche dei diversi corpi.

Innanzi tutto è da notare che il comune concetto del *calorico* che or si fa *latente* ed or si rende *libero* ne' corpi, risolvesi in un puro giuoco di parole, senz' alcun valore scientifico, qualora non si adducano le ragioni di tali trasformazioni del calorico, cioè qualora non si mostri che esse sono colle-

Digitized by Google

gate e commisurate ad alcune mutazioni nelle condizioni fisico-meccaniche dei corpi stessi, o piuttosto dei loro gruppi molecolari. Altrimenti codesto concetto di calorico latente riesce non meno grossolano ed illogico di quel che è l'altro concetto di calorico specifico più sopra criticato. Poichè se per quest'ultimo i corpi si guardano quali recipienti a mutabile capacità, per quest'altra ipotetica forma del calorico, i corpi si tengono quali de' nascondigli assai curiosi, dove cioè una forza può cessare d'agire, senza cessare d'esistere; il che non può logicamente ammettersi. Ben di sovente accade che una forza, ovvero una proprietà dinamica d'un corpo, non produce moto manifesto, poichè un tal moto è neutralizzato da altro moto ad esso opposto e corrispondente all'esercizio di altra forza o di altra proprietà del corpo stesso: ma nondimeno quella forza non lascia mai d'essere operativa; altrimenti quest'altro moto si manifesterebbe alla sua volta. Io penso che, siccome in elettrologia venne abbandonato quale erroneo od ingannevole il concetto di elettricità *dissimulata*, così in termologia sia da lasciarsi il calorico latente quale altro concetto che può tornare non meno dannoso per la scienza.

Perciò, senza far discussione su la natura del calorico, prenderemo in esame i rapporti fra quest'altri fatti termici e le proprietà fisiche de' corpi, del pari che si è fatto sopra per dichiarare la caloricità specifica. Ed ancor qui avremo occasione di rilevare quale svantaggiosa influenza abbia avuto l'essersi riferite piuttosto a pesi eguali che ad eguali volumi le calorie correlative alle mutazioni di stato de' corpi.

Articolo I.

Della liquefazione dei solidi.

18. Un solido può esser ridotto liquido per due diversi modi: o per opera di solo calore, o per virtù di opportuno liquido solvente. Il primo modo di liquefazione dicesi *fusione*, l'altro *soluzione*. Diremo prima delle condizioni della fusione, essendo questo il modo più diretto e più semplice di liquefazione d'un solido.

Digitized by Google

In generale ogni sostanza solida per passare allo stato liquido vuol essere prima scaldata ad una determinata temperatura (1), che dicesi *temperatura di fusione* della sostanza stessa. Pigliando a considerare le sostanze solide indecomposte, le metalliche e le non metalliche, si scorge bensì che, in generale, più coerente è il solido, più elevata ne è la temperatura di fusione: tuttavia molte irregolarità mostrano non esser questa una legge rigorosa. Ora codeste irregolarità scompaiono tutte, ove si prenda a calcolare ciò che diremo le *calorie di fusibilità* dei solidi, cioè le calorie volute a scaldare l'unità di volume d'ogni sostanza dallo zero assoluto (supposto a circa — 270°) insino alla rispettiva temperatura di fusione. Saranno dunque codeste calorie di fusibilità $F = \frac{cd}{1 + 270\delta}(t + 270)$, ritenuto c le calorie di temperatura dell'unità di peso, d la densità relativa, δ il coefficiente della dilatazione cubica, e t la temperatura di fusione, contata dal consueto zero termometrico (2). Ecco i valori di codeste calorie F per quelle sostanze delle quali si conoscono le temperature di fusione. Per i metalli ci atteniamo di preferenza ai dati di Person e di Pouillet, e per le calorie di temperatura cd dell'unità di volume a 0°, ci riferiamo ai valori trovati nel capo precedente.

(1) Pochi solidi, prima di fondersi, presentano un graduale rammollimento, come il vetro, la silice e taluni prodotti organici: sembra però che ancor per queste sostanze corrisponda una determinata temperatura ad ogni grado di mollezza.

(2) Per aver più precisamente queste calorie di fusibilità, dovrebbesi assumere per coefficiente di dilatazione δ un valore minore di quello corrispondente a temperature superiori a 0°; poichè la dilatabilità dei solidi diminuisce col decrescere delle temperature. Ma d'altra parte dovrebbesi assumere per le calorie di temperatura c dell'unità di peso il valor medio per le temperature comprese fra — 270° e t, il quale sarà maggiore di quello trovato fra 0° e 100°, almeno pei metalli la cui temperatura di fusione t è assai superiore a 100°. Perciò crediamo che, codeste due correzioni tendendo a far variare F in senso contrario l'una dall'altra, i valori approssimati di F sovra esposti non differiranno dai valori veri di tanto da alterare sensibilmente i rapporti trovati tra i singoli valori di F per le differenti sostanze.

Digitized by Google

	t	cd	F		t	cd	F
Ferro	1500°	0,882	1576	Litio	180°	0,559	200°
Cobalto	1400	0,906	1527	Bismuto	267	0,301	164
Platino	1800?	0,685	1428	Mercurio	— 40	0,459 (1)	106°
Palladio	1700?	0,670	1531	Sodio	98	0,285	83,3°
Oro	1250	0,624	1211	Potassio	56	0,143	46,6°
Rame	1110	0,842	1170				
Argento	1000	0,397	770	Selenio	217	0,343	167°
Alluminio	800	0,556	606	Solfo	110	0,359	137°
Zinco	415	0,669	469	Ghiaccio	0	0,457	119°
Cadmio	321	0,487	295	Naftalina	80	0,326	114°
Antimonio	430	0,549	240	Fosforo	44	0,333	105°
Telluro (2)	525	0,286	227°	Jodio	107	0,267	101°
Piombo	326	0,357	218	Bromo	— 20	0,269	67,3°
Stagno	232	0,415	212				

Da questo specchio emerge chiaro che, in generale, le calorie di fusibilità, così calcolate, sono assai meglio proporzionali alla coerenza relativa delle varie sostanze, che nol siano le semplici loro temperature di fusione. Il ferro ed il cobalto sono certo più tenaci che il platino ed il palladio, benchè le temperature di fusione di quest' ultimi siano notevolmente più elevate; similmente lo zinco è più coerente dell' antimonio, ed il bismuto è men saldo dello stagno. Il mercurio (supposto solido a — 40°), il sodio ed il potassio hanno indubbiamente ben poca coerenza rispetto agli altri metalli più tenaci e meno facilmente fusibili. Ed anche le sostanze non metalliche sovra citate, e segnatamente il fosforo, l' jodio ed il bromo, non possiedono che una debole coerenza.

Sussistono però ancora, massime per le sostanze poco coe-

(1) Pei corpi le cui calorie di fusibilità vennero segnate con ° si è presa la densità del corpo a 0° e non allo zero assoluto, cioè non si è calcolato il fattore $(1 + \alpha 70\,\delta)$ della suesposta formola, sia perchè s'ignora il rispettivo valore di δ, sia perchè la temperatura di fusione t pel maggior numero di codesti corpi essendo poco elevata, il valor medio di c fra — 270° e t sarà piuttosto inferiore che superiore a quello adottato, il qual' è corrispondente a temperature superiori a 0°, e quindi questa differenza in più nel calcolo fatto per F tenderà a compensare la differenza in meno proveniente dall' ommissione del detto fattore.

(2) Pel mercurio in istato solido, a calcolare cd, si ammise $c = 0{,}0319$, e $d = 14{,}4$.

Digitized by Google

renti, talune irregolarità, le quali si vedrà innanzi come vengano tolte.

Certo è poi che codeste calorie di fusibilità a volumi eguali per i diversi solidi offrono una ben più diretta relazione colla loro coerenza, che non ne presenterebbero le calorie di fusibilità di pesi eguali degli stessi solidi, valutate colla $F' = c\,(t+270)$. Bastino i seguenti valori per quest' altre calorie a mostrare che esse non offrirebbero rapporto alcuno colle altre loro proprietà fisico-meccaniche:

Litio calorie 424; ferro 202; alluminio 173; rame 130; argento 72; platino 67; stagno 36; sodio 29 e piombo 19.

Laonde è pur qui manifesta l' importanza di calcolare le calorie volute a produrre dati effetti termici ne' diversi corpi con riguardo piuttosto ai volumi che ai pesi dei corpi stessi.

(continua)

LE TERREMARE DELL' EMILIA, PRIMA RELAZIONE; DI L. PIGORINI E P. STROBEL.

Sunto.

Nel Luglio dell'anno scorso, in altro lavoro il detto Strobel, accennando all'interesse che nel mondo scientifico cominciavano a destare le nostre terre marne, invitava i possessori e scavatori delle medesime, a volere, negli imminenti scavi periodici, avere cura degli oggetti che si sarebbero disotterrati, e notare le circostanze che li avrebbero accompagnati — a fine di poter sciogliere il quesito: *Qual è l' origine e quale l' età delle nostre marniere?* Molti risposero a questo appello, sì che si raccolse una quantità tale di oggetti e di fatti, da potere azzardare un *primo* lavoro, un prodromo, in proposito. Intanto e nelle ricerche e negli studii erasi meco

Digitized by Google

unito il giovane distinto *Luigi Pigorini*, alunno in questo regio museo di antichità, e frutto delle fatiche di entrambi si fu la Memoria, di cui si diede sopra la intitolazione, e della quale offresi quì un brevissimo estratto, allo scopo di persuadere chi ci fu cortese, che le cure non furono gettate, e tenere al fatto coloro che seguono con interesse gli studii patrii. La relazione, che forma il tema di questo cenno, venne inserita, per gentilezza del sig. cav. *Bartolomeo Gastaldi*, nella sua opera: *Nuovi cenni sugli oggetti di alta antichità trovati nelle torbiere e nelle marniere dell' Italia*, Torino 1862; opera ornata di sei belle tavole litografate, tre delle quali contengono le figure di oggetti delle marniere di Campeggine e di Castione, le quali sinora diedero il maggior contingente di tali cose e del maggiore interesse, grazie alla cortesia de'signori fratelli Cocconi di Campaggine, e Cav. Manarini Ugolotti e R. Ugolotti di Castione.

Siccome per *marna* si intende ovunque il calcare argilloso, che non offre alcuna analogia colle terre *azotate* in discorso, così gli Autori hanno creduto di dovere adottare per esse il nome, se vuolsi anche corrotto, che loro danno i nostri contadini, cioè di *terremare*; poichè questo non genererà più equivoci rincrescevoli; e così pure adottarono il termine di *mariera* in sostituzione a quello di marniera.

La Memoria dividesi in tre parti, che trattano rispettivamente delle opere dell'uomo, degli avanzi organici e dell'origine delle mariere. Ciascuna di queste parti è poi suddivisa in capi, e si incomincia la rivista dei *monumenti* dell'uomo col capo relativo alle sue *abitazioni*. Fra queste senza dubbio le più importanti sono le *palafitte* delle quali sinora non si scoprirono tracce che al Conventino di Castione, e si diede già notizia nell' altro citato lavoro. L' estensione della palafitta, messa a scoperto, è di 37 ari circa; non si è però ancora giunti al termine della medesima. Le teste dei pali trovansi a 4^m, 50 sotto il colmo del poggio, su cui ergesi il Conventino; e i pali l'uno quasi a contatto coll'altro, sono inclinati uniformemente da O. S. O. ad E. N. E. Sopra la palafitta poggia lo strato di terremare, della potenza di circa $2,^m$ 50, e sopra questo il terreno di trasporto. I pali, di olmo e di castagno, sono lunghi

Digitized by Google

2 metri ad un dipresso, e presentano il diametro di 12 a 15 centimetri alla testa; le punte loro sono molto rozzamente aguzzate.

Le *case* dei Celti, al dire di Strabone, erano costrutte con pali e graticcie e coperte di assicelle, paglia ed argilla; quelle dei Galli, nazione celtina, aveano talora fondamenta di mura a secco, e trovavansi ad un livello più basso del suolo circostante. Attualmente in Francia, l'antica sede de' Galli, secondo Caumont, appena qualche ineguaglianza di suolo, qualche traccia poco visibile di fondazioni grossolane indicano all'archeologo, dove eravi un abituro celtico. In taluna delle mariere veggonsi tuttora vestigia di mura a secco, in altre si incontrarono negli anni addietro, nello scavare, delle mura in argilla. — Le palafitte de' laghi della Svizzera e delle torbiere dell'alta Italia furono costrutte dai Celti; da ciò si inferisce che anche le nostre palafitte furono piantate da un popolo celtico; e per lo stesso motivo, le dette mura delle nostre mariere ritengonsi avanzi di case de' Galli, poichè trovate nella stessa sorta di terra, sotto cui giaciono le palafitte nostre.

A migliaia scavansi dalle terremare i cocci di *Stoviglie* celtiche; a chiunque appare la somiglianza tra la pasta di questi vasi e quella delle olle di Casola del nostro Appennino. E quelli e queste contengono granelli di quarzo e *sabbia*, sono grossolanamente impastati, e malcotti, cioè *non* cotti *al forno*. Le olle però racchiudono sempre dei tritumi di calcare spatoso, che per la loro candidezza spiccano fra il colore rossigno del resto dell'impasto; non così è dei vasi celtici: in molti di essi non evvi il detto ingrediente, per cui non fanno punto effervescenza alla prova cogli acidi. Inoltre differiscono dalle olle per la tinta meno uniforme della pasta, massime nelle stoviglie a pareti più grosse e nelle più antiche; e ciò dipende dall'essere state esposte ad un fuoco meno intenso ancora che non le olle di Casola (1). Dal che ne viene inoltre che i vasi celtici sono poco

(1) A chi non lo sapesse, dirò i figulini di Casola fanno un mistero della pasta delle lor stoviglie, per cui si sono conservati il privilegio della somministrazione di questi articoli a tutte le contrade vicine, donde venne al loro paese anche il nome di Casola *delle olle* per antonomasia. Il calcare

Digitized by Google

induriti: talora posti nell'acqua, vi si stemperano come argilla; la loro frattura non è mai netta, come lo è invece quella delle stoviglie romane e delle nostre, ma presentasi cellulosa a superficie, rossastra verso l'esterno, ove il vaso subì maggiormente l'influenza del calore; è cenerina o nera nell'interno, ove il calore non ha potuto penetrare. Però nei vasi a pareti sottili non si scorge, come è ben naturale, una tanta differenza, poichè il calore ha potuto estendersi a tutte le particelle della pasta, la quale per soprappiù era più fina e composta con maggiore cura, sì che in essa si distinguono a stento i granelli silicei, il colore di questi vasi è per lo più nerastro. In onta però alle dette differenze dei vasi celtici rispetto all'impasto loro, sono però tutti fragili, e certamente erano di poca durata: nessun stupore adunque se ne troviamo tanti cocci! Ed essi e le olle suddette poi sono foggiate colle mani, *senza* il sussidio del *torno;* da ciò la irregolarità delle lor forme, o meglio delle superficie loro. I vasi celtici maggiori servivano certamente per cucinare le vivande, contenere liquidi e cereali, e forse anco le ceneri dei defunti; i minori e meno grossolani erano scodelle, coppe, tazze, vasetti da profumo, anche sepolcrali. I primi, per quanto puossi inferire dai cocci che rinvengonsi nelle mariere, offrivano la comune forma conica troncata, più o meno ventricosa, a fondo piano con manichi comuni, oppure orizzontali. Variavano molto i figulini celtici nel dare le forme ai piccoli vasi, e non erano privi di buon gusto; lo si scorge e dai cocci e dai diversi vasi interi sin qui raccolti. Non tenterò di entrare in una minuta descrizione dei medesimi, poichè, senza l'ajuto delle tavole, non riescirei mai a farmi ben'comprendere. Rimanderò invece alla ispezione dell'opera del Gastaldi, oppure della relazione in discorso, nella quale sono raffigurati i principali tipi delle stoviglie celtiche delle mariere — oppure inviterò, chi bramasse

spatoso che uniscono alla pasta, porta il nome tecnico di *tarso*, e viene mescolato alla medesima, onde impedire che, riscaldata, si fenda. Questo vasellame è leggermente refrattario, e perciò serve a contenere brage, siccome fornelletto portatile, a cuocere pane e focacce, ad operazioni farmaceutiche che richiedano un alto grado di temperatura — Saggi di stoviglie sì celtiche che di Casola furono inviati alla esposizione di Londra sotto il n.° 1981 classe XXXV.

Digitized by Google

averne un'idea, a favorire di una visita il Gabinetto di storia naturale della regia Università, ove interinalmente si custodiscono gli oggetti sinora da noi raccolti nelle terremare, quale nucleo di una futura raccolta celtica *patria*. Però di alcune singolarità più interessanti delle stoviglie in discorso conviene che si faccia menzione. Sonvi dei vasetti privi assolutamente di manico; e fra questi ve ne ha alcuno ornato di giro sul ventre da cinque o sei bitorzoli; in parecchi uno dei bitorzoli è forato, segno che venivan appesi. In diversi vasi, mancanti di bitorzoli, ossia lisci, evvi, allo scopo stesso, un foro vicino all'orlo, oppure una orecchietta, o più, del genere di quelle che vediamo alle olle di Casola. Una gran parte però è dotata di manichi veri e più o meno ornati; è anzi in queste parti delle stoviglie che i vasellari celtici sembrano avere messo il maggiore loro studio e sviluppata la loro arte; ed in ispecial modo le appendici aggiunte superiormente al manico sono di svariatissime forme; ora rappresentano una mezza luna, ora raffigurano due palchi convergenti di corno cervino, ora due orecchie come di lepre, ora due foglie lanceolate ec. Fra le diverse sorta di orli delle stoviglie, sono caratteristici quelli che portano le impressioni delle dita dell'artefice poste equidistanti l'una dopo l'altra, come i merletti di certe paste; altri bordi, rovesciati all'infuori, sono ornati da disegni rettilinei in graffito. La massima parte de' vasi non è sorretta da un piede, ma il fondo stesso fa da base. Quanto agli ornati, semplici sempre, e per lo più rettilinei, avvene di graziosi: talora in graffito, talora in cordoni, talora in impressioni. Accennerò infine che i popoli delle mariere usavano delle brocche con beccuccio sul genere delle nostre, ma naturalmente assai rozze.

Ben pochi *utensili in pietra* furono scavati dalle terremare; fra questi uno scarpello in pietra del paragone, e varii pezzi di macine a mano; quelle in schisto talcoso o micaceo granatifero meritano di essere rimarcate, siccome costrutte di una roccia, che non rinviensi nel nostro Apennino, bensì nelle Alpi. In *bronzo* troviamo fili, spilli, lesine, scarpelli, ami e falci. Di *osso* o di corno cervino sono certi cavicchi simili a bischèri forati alla testa, alcuni manichi di lesine o di coltelli con ornati rettilinei e circolari in graffito, alcune piccole ruotelle a 4, 6 od 8 razzi,

Digitized by Google

un piccolo pettine a manico con graziosi disegni, trovato nella mariera di Fodico di Peviglio, posseduto dal sig. Cav. P. Martini, e da esso lui gentilmente favorito al gabinetto suaccennato. Dai palchi (o rami) delle corna di cervo i nostri Celti o Galli, come vuolsi, formavano dei grossolani aghi da basto ricurvi, appianandoli verso l'estremità più grossa, e quivi praticando il foro. Altri di questi palchi di corna cervine sono levigatissimi e servivano certo a qualche uso tecnico, al pari di una scheggia di osso robusto, aguzzata a scarpello, e lucida e polita verso il tagliente, rinvenuta a Vicofertile.

Certe punte grossolanissime in *osso* sembrano essere punte di freccia, e sarebbero le uniche *armi* di questa sostanza disotterrate dalle mariere. In maggior numero si presentarono sepolte in queste terre le armi di *bronzo*, quali sarebbero pugnali, daghe, punte di lancia, di giavellotto, di freccia, e certe ascie, le quali dal popolo che le usò, ebbero appunto il nome di *Celt*. Queste in luogo del foro pel passaggio del manico, offrono ai due lati maggiori delle ripiegature, fra le quali si incastravano le due metà della fessa cima del manico, piegato a gomito; il fendente, come è naturale, trovasi da un lato solo, l'opposto al gomito del manico, nel quale entrava l'altro lato più stretto. In *ferro* si scavò un coltello e delle punte di freccia. Molte scorie da magona, e varie forme in saponace per fondere le punte di giavellotto od altre armi, fan prova, che ove si scavarono, eranvi fucine di simili oggetti. Non tanto rare sono le ascie in *pietra*, sia di giada, sia di nefrite e simili, che si conservano nei musei pubblici dell'Emilia e presso i privati. Il volgo le conosce sotto il nome di *pietre del fulmine*, sia perchè ritiene che siano la punta solida di quello strale elettrico, sia perchè crede, che custodite in casa la difendano dal medesimo, sia perchè suppone avere il sasso preso quella forma per virtù della saetta. Quelle fra esse, di cui si conosce la provenienza furono raccolte in collina od in montagna, abitate prima della pianura; e quindi conviene ammettere che anco le altre furono colà rinvenute; però di talune si suppone che siano state scavate dalle terremare. Certo da queste si estrassero alcune frecce in selce.

Moltissimi vi sono quegli oggetti, per la massima parte,

Digitized by Google

in terra malcotta, più o meno discoidali, o conici, o sferici, forati nel centro, cui e dai francesi e dai tedeschi e dai nostri archeologi fu dato il nome di *fusajuole* (pirline dai contadini). Svariatissime ne sono le forme e le dimensioni; alcune liscie, altre carenate, altre con ornati in graffito. Avvene non solo di terra, ma benanco di ambra, steatite, calcare e corno di cervo; quelle nelle due ultime sostanze sono levigatissime e lucenti. Le molte differenze nella forma, nella finitezza, nella sostanza di questi oggetti fanno supporre che servissero ad usi disparati a norma appunto di queste differenze; forse per fusi da filare, per pesi da rete o da telaio, da bottoni, da amuleti. — Pongono gli autori fra le fusajuole certe focaccie o certi dischi in terra assai malcotta, forati essi pure nel mezzo, ma molto più grandi delle fusajuole (diam. mass. 15 cent.). Fra la pasta di questi oggetti si rinvengono pezzi di carbone, e persino delle chiocciole, ciò che prova la nessuna cura che ponevano gli artefici nella confezione di simili figuline delle mariere.

Non meno interessanti dei monumenti, sono gli *avanzi organici* che scavansi dalle terremare, e che finora per la massima parte erano affatto trascurati. Furono scoperti degli *Scheletri umani,* non solo negli strati superiori, ivi interrati posteriormente, ma dell'epoca stessa delle terre; pur troppo andarono dispersi. Un solo *radio,* intero, potè essere ancora rinvenuto, e proviene da Castione, il luogo della palafitta celtica; spettava ad un individuo di statura per nulla straordinaria. 1, m. 70 circa.

Le ossa de' *mammiferi* sono per la massima parte spezzate, eccetto quelle delle estremità; nè meno un teschio intero fu sinora trovato, e pochissimi sono i pezzi di questa parte dello scheletro che possano riconoscersi. Le ossa di varii mammiferi, p. e. del cervo e del cignale, non si rinvengono quasi se non lagorate o predisposte ad essere impiegate come strumenti. Dall'or detto si inferisce che gli ammassi d'ossami delle mariere sono i rimasugli del pasto, e talora gli scarti o gli avanzi dell'industria del popolo che le accumulò. Di più si deduce, che questo spezzava il cranio degli animali per cavarne le cervella, apriva le cavità alveolari delle mascelle inferiori per levarne la polpa, rompeva persino le ossa cilindriche per estrarne la midolla —

Digitized by Google

analogamente a quanto fu osservato del popolo delle abitazioni lacustri dell'Elvezia. Pare quindi che anche gli abitanti delle nostre mariere usassero di quelle sostanze sia gastronomicamente, sia tecnicamente, (1) come usano tuttora certi popoli selvaggi dell'America settentrionale.

Fra gli avanzi delle palafitte della Svizzera le più antiche, così dette della pietra, il numero delle ossa d'animali selvatici (p. e. del cervo) soverchia di gran lunga quello dei *domestici*. Man mano che ci portiamo in epoche meno remote, diminuisce la quantità delle ossa di mammiferi selvaggi, finchè pervenuti ai depositi dell'êra nostra, le ossa dei domestici (specialmente del bue) sono in decisa preponderanza. Da ciò si vorrebbe dedurre, in consonanza benanco con ragionamenti ovvii, che nelle prime epoche la fauna mammologica selvatica superasse d'assai la domestica, nelle epoche posteriori diminuisce a poco a poco la prima, sinchè nell'epoca storica questa dovette cedere il campo alla fauna domestica. Nelle mariere sovrabbondano senza paragone le ossa dei mammiferi domestici, e quindi si sarebbe condotti a ritenere, che questi depositi appartengano all'ultima epoca.

Il *cane*, compagno dell'uomo celtico nella nostra pianura, era piccolo, e stava per le forme tra il cane da ferma ed il bracco; era simile a quello dei Celti delle antiche palafitte della Svizzera, che Rütimeyer chiama cane da torbiera, *canis familiaris palustris;* ed è forse lo stipite, il tipo delle innumerevoli razze di cani sviluppatesi in seguito; nelle mariere non si rinvennero sinora che avanzi di quell'unica razza.

I residui suini delle terremare spettano a due razze differenti: al *majale* comune, *sus scrofa domesticus*, cui si dà per stipite il cignale, ed al *porco* da torbiera o mariera, *sus crofa palustris* Rüt (2). Lo stipite selvatico di questa razza, comune nell'età della pietra, più non esiste: si estinse prima dell'epoca storica. Traccie di esso, ma allo stato addomesticato, scorgonsi ancora in Isvizzera; si può dire quasi sul posto delle abitazioni lacustri.

(1) Per conciare le pelli.

(2) *Die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz*, ossia la fauna delle palafitte della Svizzera Basilea, 1861, in 4.° con 6 tav. lit.

Digitized by Google

nei Grigioni. È piccolo assai, con gambe corte, orecchie diritte e piccole, grugno breve e grosso, setole lunghe e rade, di colore uniforme, scuro. Era il porco delle mariere piuttosto erbivoro che onnivoro; notturno anzichè diurno o crepuscolare. Fu desso addomesticato prima del majale; nelle nostre contrade non esiste più.

I costumi dei popoli lacustri della Svizzera e palustri del nostro piano non erano certamente propizii all'allevamento del *cavallo*, e perciò non troviamo abbondare le sue spoglie nelle terremare; fra le palafitte elvetiche dell'età della pietra poi mancano quasi totalmente. Spettano alla specie vivente, *Equus caballus*, ma, a quanto sembra, a due razze diverse; l'una più piccola, ad estremità sottili, simile al mulo ed all'asino (come la specie diluviana *Equus angustideus*) è la più antica; l'altra, più grossolana, comparve dopo.

L'*asino* è rappresentato da pochissimi avanzi rinvenuti negli strati superiori delle mariere, e quindi fu quivi introdotto molto dopo il cavallo, appunto come nell'Elvezia.

Il numero, senza paragone, massimo di ossa delle terremare appartiene al *bue*. In Svizzera, sino dalla età della pietra, esistevano negli stessi luoghi due razze assai differenti; ciò accadeva anche nella nostra pianura. L'una corrisponde al nostro *toro* comune, *Bos taurus domesticus*, l'altra ha ancora dei rappresentanti nei cantoni centrali della Svizzera, nella Bretagna, negli altipiani di Walles e della Scozia, nella Finlandia. il nostro bue Bardigiano non le somiglia che per la statura bassa. Oltre alla minore altezza e lunghezza del corpo, la distinguevano singolarmente le estremità sottili e snelle con falangi delicate, che portavano ugne assai piccole; per la forma delle mandibule e la sottigliezza delle membra avvicinavasi al Zebù, e come esso, al cervo. Lo stipite selvaggio di questa razza sembra essere perito prima dell'epoca storica, i suoi avanzi fossili compaiono già nel pliocene; è il *Bos brachyceros*. La sua razza domestica pura o *tipica*, quale era il bue piccolo delle mariere, cessò di esistere verso il seicento dell'èra nuova. Fra i residui bovini delle terremare, quelli del detto bue sono i più abbondanti; meno frequenti sono gli avanzi del toro nostrale. Anche di questo lo stipite selvaggio, ereditato dall'epoca diluviale, sembra essersi estinto.

Digitized by Google

Quanto più sono antichi i depositi, tanto più le spoglie caprine preponderano sulle pecorine, siccome gli avanzi di mammiferi selvatici su quelli dei domestici. E siccome appunto la *capra, Capra hircus,* non è sì docile come la pecorella, così ha anco subìto meno l'influenza del suo padrone: poche ne sono le razze, e poco variarono dai tempi trascorsi. La capra delle mariere era più piccola dell'attuale.

La difficoltà che si incontra già nel distinguere gli avanzi della pecora da quelli della capra cresce pei residui di quelle due specie che scavansi dalle terremare, a motivo che la pecora di queste terre, come delle palafitte svizzere, era piccola, ad estremità sottili, snelle, alte, per cui avvicinavasi alla coetanea capra delle mariere; di più avea inoltre le corna simili a questa. Tali caratteri si riscontrano al giorno d'oggi nelle pecore dei Grigioni; anche nelle isole di Shetland e nelle Orcadi, nelle montagne di Walles, nell'isola di Cipro, vivono pecore simili, ma da noi non ne esistono più. Rütimeyer diede a questa razza il nome di *Ovis aries palustris,* pecora da torbiera; l'*Obis primaeva* del diluvio n'è forse lo stipite selvatico. — La capra e la pecora delle mariere sono, può darsi, i tipi delle loro specie.

Eccetto il majale, tutte le altre razze enumerate furono addomesticate ancora nell'età della pietra, e per la prima la razza piccola del bue; il majale appare soggetto all'uomo nell'età così detta del bronzo.

Non si speri di incontrare nelle terremare molti residui di mammiferi *selvatici,* poichè all'epoca della deposizione di quelle terre, l'uso delle armi metalliche ed i progressi della pastorizia avevano già diradate le file del selvaggiume. Però alle sole quattro specie finora osservate, altre certo si aggiungeranno col progredire delle ricerche, specialmente fra le piccole — non però mai nè l'uro, nè il bisonte, nè lo stambecco, nè il camoscio, nè l'alce, i cui avanzi giacciono fra le palafitte dell'Elvezia.

Il *cervo* delle mariere e delle palafitte per la sua statura e per la mole delle sue corna và collocato tra il cervo comune vivente ed il diluviale; *Cervus megaceros*. Porta corna col fusto e coi palchi della corona più o meno palmati, come ne era adorna la stessa specie, il *Celaphas* , all'epoca del diluvio.

Il *capriolo* vivente e quello delle mariere e delle palafitte

Digitized by Google

appartengono alla stessa specie, *Cervus capreolus;* in Isvizzera, secondo Rütimeyer, mancava nell'età del bronzo.

Quantunque il *cignale* delle terremare superasse il vivente in istatura, in lunghezza delle zanne, pure spettava alla stessa specie: *Sus scropha ferus.* — Le tre specie di selvaggiume sin qui nominate scomparvero, in epoca storica, dal teatro delle mariere.

L'unico dente d'*orso* sinora disotterrato dalle mariere è dell'orso comune, *Ursus arctos,* nè già del diluviale orso delle caverne. *Ursus spelaeu,* come a prima giunta si sarebbe tentati di ritenere. Quel dente era forse un trofeo od un amuleto; e l'individuo cui fu strappato, certamente era caduto solo per accidente nelle mani degli abitatori delle nostre palafitte; mai più l'orso abitava le paludi, quali erano in allora, e furono ancora per molto tempo dopo, le nostre pianure.

Il *pollo* comune, *Gallus domesticus,* è l'unica specie di *Uccello,* di cui finora siansi osservate le ossa nelle terremare; mentre tra le palafitte della Svizzera furono riscontrati gli avanzi di 18 specie di volatili, nonchè quelli di varii rettili e pesci, tuttora non indicati nelle mariere.

Invece, non evvi penuria di conchiglie, siano conche siano chiocciole, sia di *Molluschi* d'acqua dolce, sia di terra, e fra questi ve n'ha del piano e del colle — tutte però specie attualmente viventi in queste contrade; le colline furono di certo trasportate giù dai torrenti.

Pochissimi sono gli avanzi *vegetali* delle mariere sinora noti: qualche *muschio* e qualche *ghianda* rinvenuti fra la palafitta di Castione, costrutta con *olmi* e *castagni,* mucchi di *frumento,* (Triticum turgidum), *veccia* e *fava* carbonizzati, ed al dire di taluni, anche *pera* e *nocciuole*. Questa brevissima nota verrà certamente di molto aumentata, quando qualche botanico si deciderà di occuparsene più specialmente.

Gli archeologi del nord, raffrontando gli oggetti dell'arte e dell'industria dei popoli antichi con quelli che le popolazioni selvaggie fabbricano tuttodì, diversi secondo lo stadio diverso di incivilimento cui sono pervenute, divisero il tempo che trascorse dai primi passi mossi dal genere umano verso la civiltà sino all'epoca storica, in tre *età,* nominate rispettivamente

Digitized by Google

della pietra la più remota, *del bronzo* la susseguente, *del ferro* l'ultima che fa passaggio all'età presente. E tali le denominarono, avvegnachè gli arnesi in pietra, in bronzo, in ferro sono caratteristici di cadauna di quelle età o stadii di perfezionamento.

Rütimeyer prendendo invece per misuratore del progresso l'introduzione ed il perfezionamento delle razze animali domestiche, divise lo spazio di tempo trascorso dai primordii dell'uomo insino a noi, in tre epoche: *età delle razze domestiche primitive*, la quale coincide all'età della pietra; *età della moltiplicazione* di quelle razze, la quale comprenderebbe l'età del bronzo, ed insieme quella del ferro, ossia l'età del metallo; ed *età del perfezionamento* delle razze, ossia l'epoca storica, attuale.

Conosciuti gli avanzi organici ed i monumenti sepolti nelle mariere, spontanea s'affaccia la domanda: *da chi vi furono accumulati, a quale scopo, in quale epoca?* Ed a questo quesito finale si tenta di rispondere nella Memoria, di cui si dà qui il sunto partendo dai fatti sinora osservati ed appoggiandosi unicamente ai medesimi. Già altri aveano emesse delle opinioni disparate in proposito, siccome il Venturi, il Cavedoni, il Ricci, il Mariotti ed ultimamente il Gastaldi, il primo che si occupasse *specialmente* delle terremare (1). Esaminate quelle ipotesi, raffrontatele coi fatti, ammettendole in parte, ed in parte scartandole, gli autori, per una serie di ragionamenti che mi conviene omettere, furono per ora condotti alle seguenti conclusioni:

Le terremare propriamente dette rappresentano gli avanzi di *stazioni*, più o meno prolungate, di popoli sia nomadi, pastori o cacciatori, sia pescatori, sia benanco agricoltori, venuti nelle nostre pianure prima dei Romani, e perfezionatisi in seguito a contatto con questi, cogli Etruschi, coi Liguri. Talvolta gli avanzi trovansi tuttora nel sito ove furono accumulati: *mariere in posto o vergini*, di prima qualità per l'agronomo, distinte per la presenza in esse di *letti* di ceneri e carboni, e per la leggerezza ed il colore chiaro della terra. Tal altra le

(1) *Cenni su alcune armi di pietra o di bronzo, ec. Atti della Società Italiana di scienze Naturali*, vol. III. 1861. Milano.

Digitized by Google

acque piovane, i rivi, i torrenti, il Po le corrosero e svolsero o le trasportarono più o meno lungi: *lavature delle mariere,* talora a contatto colle mariere in posto e costituendone i *lembi,* talora da esse discoste, formando dei depositi a sè, delle *alluvioni;* le lavature non contengono mai letti di ceneri e carboni, questi sono sparsi, talora mancano, la terra è più pesante e scura, e qualche volta non compensa le spese di escavazione e trasporto.

Celtiche sono le popolazioni cui dobbiamo le terremare e che piantarono le palafitte, nelle nostre paludi; e di eguale stirpe coi popoli i quali viveano nelle abitazioni costrutte entro i laghi delle Alpi, poichè simili sono i monumenti loro ed i costumi, ed eguali le razze di animali domestici da entrambi possedute. Colà dimoravano sino dall'*età* della pietra, fra noi solo in quella *del metallo;* i Celti delle nostre mariere possedevano arnesi in pietre le quali non sono in posto nei nostri monti, bensì nelle Alpi; quindi di là scesero, portandole seco, e surrogandole in seguito con pietre del paese.

La storia poi ci insegna che la contrada ove appunto esistono le terremare fu abitata un giorno dai *Galli Boi*, nazione celtica, la quale dalle Alpi occidentali irruppe in questa pianura *sei secoli* circa *prima dell' era nuova*. Quantunque battuta e disfatta dai Romani una parte però delle disperse sue membra vi continuò per alcuni secoli ancora dopo Cristo a vivere di vita propria ed indipendente, protetta dalle boscaglie e dalle paludi, quasi inaccessibili in cui erasi rifuggita.

Parma, Marzo 1862.

Digitized by Google

SULLA RESISTENZA DELLE LASTRE DI ACCIAIO FUSO DELLA FABBRICA *Petint* E *Gaudet*, E SUL LORO USO PER LE CALDAIE A VAPORE.

(*Annales des Mines*, tom. XIX. pag. 311 e seg.)

(Estratto).

Una commissione incaricata di esaminare le condizioni per l'applicazione delle lastre d' acciaio fuso nella costruzione delle caldaie a vapore domandò che nel Conservatorio imperiale di arti e mestieri venissero fatte le esperienze sulla resistenza di questo materiale, e furono preparate verghe della lunghezza totale delle lastre, cioè $2^m,50$, spianate alla superficie, ed alcune prima temperate, e dopo ricotte. Sospesa la verga con due segni tracciativi alla distanza di circa $1^m,50$ per mezzo di due catetometri, si riscontravano a distanza i loro movimenti appressando il centesimo di millimetro, e gli osservatori registravano tutti gli allungamenti all' aumentare dei pesi di carico fino al punto della rottura. Fu operato sull' acciaio vivo *cc* n°. 1 e sull' acciaio dolce *cc* n° 2, ridotto alla sezione di circa un centimetro quadrato. I carichi crescevano di 8 in 8 chilogrammi; si giunse fino a pesi diretti di sette e otto migliaia, e nei pesi notati non è compreso il vassoio e gli accessorii che formava un carico iniziale di 180 kil. sotto il quale la distanza de' segni è stata ciascuna volta misurata, e di cui non vi è bisogno di tener conto che per il calcolo del coefficiente di rottura.

Le esperienze del 22 Marzo 1861, sovra una verga d' acciaio vivo *cc* n°. 1 di sezione $0^m,010 \times 0^m,0098$ colla distanza fra i segni $1^m,651$ portarono il carico fino a 4352^k sotto il quale avvenne la rottura, essendo la sezione ridotta di sette millimetri per lato, ed essendo avvenuto un riscaldamento sensibile in prossimità di quella sezione. Gli allungamenti mostrano colla non proporzionalità ai pesi che fin dal carico 2477^k

Digitized by Google

per centimetro quadrato l'elasticità era sensibilmente alterata. L'allungamento corrispondente per ogni metro fu $0^m,001259$, onde il coefficiente diviene

$$E = \frac{2477 \times 10000}{0,001259} = 19674000000 .$$

E la resistenza alla rottura per ogni centimetro quadrato

$$P = \frac{4352 + 180}{0,93} = 4873^k$$

coll'allungamento corrispondente per ogni metro di

$$L = 0^m,05493 .$$

Nelle esperienze del 12 Marzo 1861 sovra una verga di acciaio vivo *cc* n° 1 non temperato colla sezione $0^m,0047 \times 0^m,0048$ e con una distanza fra i segni $1^m,635$ fu portato il carico fino a 992^k, e lasciato aggravato per tre ore e durante questo intervallo si ebbe un allungamento di $6^{mm},24$. Dipoi fu continuato l'aumento del carico fino a 1088^k, e si ebbe la rottura. Dal peso 2618 per ogni centimetro in poi, si vide alterata l'elasticità, e a questo peso corrispondeva l'allungamento per un metro di $0^m,001214$. Onde si ebbe

$$E = \frac{2618 \times 10000}{0,001214} = 21565000000$$

$$P = \frac{1088 + 180}{0,22} = 5764^k$$

$$L = 0^m,06501 .$$

L'8 Marzo 1861, fu sperimentato sovra una verga d'acciaio vivo *cc* n°. 1 temperato e ricotto con sezione $0^o,010 \times 0,010$, e con i segni distanti $1^m,615$. Durante l'esperienza furono dati tre riposi di 5 minuti per ciascuno, e giunti al peso 7488^k fu aggravato tutto perchè il vassoio toccava terra, e dopo avendosi riscontrato un allungamento permanente di $2^{mm},06$ si proseguì la carica fino a 8640^k, alla quale accadde la rottura, ma

Digitized by Google

nell' attacco inferiore per cui i valori P, L non potranno aversi che come minimi approssimati. Gli altri elementi possono bensì aversi per esatti essendosi riscontrate le irregolarità di elasticità al di là di 6528^k che portarono l' allungamento 0,00331

$$E = \frac{6528 \times 10000}{0,00351} = 19598000000$$

$$P = 8640 + 180 = 8820^k$$

$$L = 0^m00473.$$

Il 27 Marzo 1861 fu sperimentato sovra altra verga d'acciaio vivo *cc* n°. 1 temperata e ricotta con sezione $0,005 \times 0,005$, e con distanza fra i segni $1^m,658$. Il carico fu portato fino a 1232^k al quale la verga si strappò, ma l' elasticità aveva cominciato ad alterarsi alla forza di 3584^k per centimetro quadrato, ove si era ottenuto l' allungamento di $0^m,001906$, e perciò

$$E = \frac{3584 \times 10000}{0,001906} = 18800000000$$

$$P = \frac{1232 + 180}{0,000025} = 5648^k$$

$$L = 0^m,00374 :$$

Le esperienze del 6 Marzo 1861, ebbero luogo sovra una verga di acciaio dolce di sezione $0^m,01 \times 0,01$ che aveva i contrassegni distanti $1^m,496$. La rottura ebbe luogo all'attacco superiore sotto la forza di 5916^k, e conseguentemente saranno forse piccoli i valori di P e di L che se ne deducono. Sembrò alterata l'elasticità al carico 2400 che diede l'allungamento di 0,001390. Onde è

$$E = \frac{2400 \times 10000}{0,001390} = 17273000000$$

$$P = 5916 + 180 = 6096^k$$

$$L = 0,034558.$$

Digitized by Google

L' esperienze del 15 Marzo 1861 sovra una verga d'acciaio dolce *cc* n°. 2 di sezione $0{,}0047 \times 0{,}0048$ con lunghezza fra i contrassegni $1^m{,}662$ furono continuate fino al carico 1008^k, sotto al quale accadde la rottura. A 1745^k per centimetro cessò la regolarità nella elasticità e si ebbe un allungamento di $0^m{,}0013477$ per cui è

$$E = \frac{1745 \times 10000}{0{,}0013477} = 12947000000$$

$$P = \frac{1008 + 180}{0{,}22} = 5400$$

$$L = 0{,}07410 .$$

Quelle del 18 Marzo 1861 furono eseguite sovra una verga d' acciaio dolce *cc* n°. 2 temperata e ricotta con sezione $0^m{,}010 \times 0^m{,}0092$ e con lunghezza fra i contrassegni 1,391. I pesi giunsero a 5248^k, e si ruppe la verga in una sezione ove era una sfaldatura per cui nessuna fiducia meritò il peso della rottura, e possiamo far conto solamente dell' effetto sull'elasticità del peso 2564^k che produsse l' allungamento $0^m{,}002789$, dal quale deducesi

$$E = \frac{5564 \times 10000}{0{,}002789} = 19949000000.$$

Nel 10 Maggio 1861 fu provata una simile verga d' acciaio dolce *cc* n°. 2 temperato e ricotto con sezione $0^m{,}01 \times 0^m{,}01$ ed una lunghezza di $1^m{,}515$ tra i contrassegni, la quale al peso 8160 si ruppe al mezzo. Questa esperienza andò con moltissima regolarità e dopo il peso 7200 poteva dirsi alterata l' elasticità, che dava per allungamento 0,003392. Per cui si ha

$$E = \frac{7200 \times 10000}{0{,}00392} = 21227000000$$

$$P = 8160 + 180 = 8340$$

$$L = 0{,}006276 .$$

Digitized by Google

Nel 26 Marzo 1861 fu provata una verga d' acciaio dolce *cc* n°. 2 temperato e ricotto con sezione $0{,}005 \times 0{,}005$, e con lunghezza di $1^{m},661$ tra i contrassegni. La rottura accadde al peso 2016^{k} e l' elasticità sembrò alterata al di là del peso 7680^{k} per centimetro quadro, il quale dava per ogni metro l'allungamento 0,004142. Per cui corrispondentemente a quanto sopra si ha

$$E = \frac{7608 \times 10000}{0{,}004142} = 18542000000$$

$$P = \frac{2016 + 180}{0{,}25} = 8784$$

$$L = 0{,}004142 .$$

In conseguenza di questi risultati il sig. Tresca sotto Direttore del Conservatorio d' arti e mestieri deduceva:

1. Che gli acciai designati sotto il nome di acciai dolci sopportano al massimo l'allungamento di 44^{mm} per metro avanti la tempera, mentre gli acciai detti vivi si comportano meglio sotto questo rapporto e in essi l'allungamento che precede la rottura giunge a 65^{mm}.

2. I coefficienti d' elasticità di tutti questi acciai differiscono pochissimo fra loro, e la tempera susseguita dal rinvenimento non altera sensibilmente il coefficiente d' elasticità degli acciai.

3. Nei carichi che corrispondono al limite d'elasticità, è manifesto l'aumento prodotto dalla tempera susseguita dal rinvenimento: per gli acciai vivi si portano al doppio, e al triplo per quelli dolci.

4. Gli ultimi allungamenti elastici sono accresciuti nello stesso rapporto, come già resulterebbe dal dovere essere proporzionali ai carichi.

5. La resistenza viva, che cresce come il quadrato dei due precedenti elementi è quadruplicata dalla tempera susseguita dal rinvenimento negli acciai vivi, ed è resa nove volte più grande negli acciai dolci, giacchè vien rappresentata dal lavoro meccanico che si deve far per vincere l' elasticità.

Digitized by Google

6. La differenza è anche più sorprendente relativamente all' allungamento che corrisponde alla rottura, il quale diminuisce moltissimo colla tempera susseguita dal rinvenimento e negli acciai vivi nel rapporto 16,07 : 1 e in quelli dolci 7,52 : 1.

7. La resistenza viva alla rottura che è l'elemento il più interessante nella costruzione delle caldaie a vapore, è corrispondentemente scemata moltissimo dalla tempera sebbene seguìta dal rinvenimento.

E tali essendo state le deduzioni delle esperienze la commissione che era composta dei signori Combes, Lorieux e Couche nel loro rapporto presentato al ministro dell' agricoltura, del commercio e dei lavori pubblici dopo aver riportato i risultati delle osservazioni fatte su diverse caldaie state in prova per più o meno tempo, e le opinioni di distinti ingegneri, ritenne come sufficientemente stabilito che la lastra d' acciaio fuso al grado conveniente di carburazione possiede una resistenza alla rottura due volte più grande di quella delle lastre d' acciaio lavorato (*puddlées*) che si usano ordinariamente nella costruzione delle caldaie, ed è dotata di molto maggior duttilità. Le lastre d' acciaio fuso formano una serie di prodotti i cui estremi hanno notabilissima differenza, e le due qualità di acciaio dolce e vivo che fabbricano i signori Petin e Gaudet sono proposte l' una per i focolari, e l' altra per le parti esterne della caldaia. Occorrono nuove esperienze per dare un giudizio definitivo, pure per dar luogo a studii su' materiali differenti da quelli che sono in uso, e trattandosi di una disposizione semplicemente provvisoria la commissione propose che sia ridotta a metà la grossezza regolamentare trattandosi di acciaio fuso che ha una resistenza alla rottura di 60^k per millimetro quadrato, ed un allungamento proporzionale di rottura del quindicesimo almeno.

Digitized by Google

SULL' EQUIVALENTE MECCANICO DEL CALORE E SULLA DENSITA' DEL VAPORE D' ACQUA; OSSERVAZIONE DEL SIG. RESAL.

(*Annales des Mines*, t. XX. pag. 365).

Nel raccogliere le dottrine pubblicate sulla teoria meccanica del calore il sig. Resal fa le seguenti osservazioni: Il sig. Regnault nei suoi studii sull' igrometro ha trovato per la temperatura $t = 30°,82$ la densità del vapore d'acqua $\delta = 0,64693$, dalla quale resulterebbe l' equivalente meccanico

$$A = 408,16, \text{ e per } t = 0, \quad \delta_0 = 0,643.$$

$$t = 100 \quad \delta = 0,663;$$

si giungerebbe egualmente per l' equivalente a una cifra troppo debole, relativamente a quelle che sogliono assegnarsi, sebbene corrisponda assai ai risultati delle esperienze del sig. Hirn (1) sulle macchine a vapore. D' altra parte la densità del vapore d' acqua a zero sarebbe molto superiore a 0,622 contro i risultati ottenuti a basse temperature dal sig. Regnault. In verità quest' illustre fisico osserva che la cifra surriferita sia esagerata a cagione di una qualche condensazione. Se avessimo supposto $\delta_0 = 0,622$ si sarebbe dovuto ottenere

$$A = 408,16 \times \frac{0,64693}{0,622} = 421,52$$

cifra che differisce poco da quella di Clausius, e per

$$t = 100, \delta = 0,663 \times \frac{0,622}{0,64693} = 0,64182,$$

mentre per alcune esperienze del sig. Cahours rammentate nel *Traité de physique* del sig. Jamin il vapor saturo ad un' atmo-

(1) *Cimento*, t. 10, pag. 322.

Digitized by Google

sfera, soprascaldato a 107 e a 110 gradi avrebbe rispettivamente per densità 0,645 ; 0,640. Ma si ha tutto il luogo di supporre che queste cifre sieno esagerate per le stesse ragioni. Sembra resultare da quanto precede che la densità del vapore è un poco più debole di 0,622; e in fatti se gettiamo gli occhi sul quadro pubblicato dal sig. Regnault, si riconosce che i pesi del vapore calcolato sono in generale un poco superiori a quelli osservati, e che la differenza relativa ha per limite 0, e $\frac{1}{100}$. L'accordo sarà più sodisfacente riducendo la densità teorica di $\frac{1}{200}$ e stimandola 0,6190.

D'UN MODO DI FARE PROFITTO DEL FLUSSO E RIFLUSSO DEL MARE, COL TRARNE UN LAVORO CONTINUO; DISCORSO DEL PROF. DOMENICO TURAZZA.

1.° Quel moto continuo del mare, che diciamo *flusso e riflusso*, ha in sè una forza motrice, della quale può farsi profitto obbligandola a mettere in movimento una macchina qualunque a ciò opportunamente disposta, e traendone quindi un determinato lavoro. Senonchè il moto stesso essendo ora più ed ora meno celere, e per qualche tempo anche pressochè nullo, è troppo irregolare per prestarsi da sè a quella regolarità di azione ch'è assolutamente richiesta da un qualunque meccanismo, ed è mestieri di trovar modo con cui poter trarre da quel movimento un lavoro continuo ed il meno irregolare possibile; senza di che non si potrebbe certamente pensare alla sua applicazione ad una macchina con qualche speranza di esito fortunato. Fra i metodi suggeriti a quest'uopo sembra meritare la preferenza quello, intorno al quale ho pensato oggi, o dottissimi Colleghi, d'intrattenervi, e che venne a me proposto da persona che per ciò appunto ricorse a me per consiglio, ma della quale duolmi aver dimenticato il nome. Questo io ho vo-

Digitized by Google

luto dire per non volermi appropriare un merito che non è mio, e che io non saprei nemmeno con quanti altri ancora dovrei dividere. Quello che qui ho intrapreso è la discussione scientifica del metodo stesso: io ho, in una parola, assoggettato questo metodo, a me suggerito solo all'ingrosso, al calcolo, procacciando di mettere in chiaro il suo principio fondamentale, il modo di usarne, e di rintracciare le condizioni che si richieggono per una buona applicazione del metodo stesso, allo scopo di cavarne la massima utilità; ed è questa discussione appunto che io sottopongo oggi al vostro giudizio.

2.° S'imaginino due recipienti di acqua comunicanti fra loro mediante un'apertura di dimensioni abbastanza piccole in confronto dell'area dei recipienti stessi, e si supponga che in uno di questi recipienti il livello dell'acqua sia più elevato che nell'altro, per cui l'acqua fluirà da quello in questo, compiendo un lavoro dipendente dalla quantità di acqua che ad ogni istante si versa dall'uno nell'altro vaso, e dalla differenza di livello dell'acqua nei due recipienti nell'istante che si considera. Ma col fluire dell'acqua dall'un recipiente nell'altro, vuotandosi il primo e riempiendosi il secondo, la quantità di acqua che si versa nei successivi istanti, e la differenza di livello dell'acqua nei due recipienti vanno successivamente diminuendo, e con esse cala pure il lavoro; e tutto si ridurrebbe a zero dopo un tempo più o meno lungo, secondochè sono più o meno ampli i recipienti stessi, e più piccola o più grande la sezione della luce di erogazione. Ma se, prima che questo avvenisse, si avesse mezzo di poter rimettere l'acqua fluita nel primo recipiente, e di vuotar quella entrata nel secondo, si continuerebbe a mantenere nell'acqua dei due recipienti una differenza di livello, e si avrebbe quindi un efflusso ed un lavoro continuo. Ora un tal mezzo ci è appunto somministrato dal fenomeno del flusso e riflusso, potendosi per esso far sì che l'acqua del mare, quando giunge alla sua massima altezza, entri a rimettere l'acqua fluida nel bacino superiore, e valendosi della bassa marea per vuotare quella che nel frattempo è entrata a riempiere l'inferiore. Ed eccovi appunto il principio fondamentale del metodo, intorno al quale voglio tenervi discorso; ed ecco il modo con cui ci possiamo valere del flusso e riflusso del mare, allo

Digitized by Google

scopo di ricavarne un efflusso continuo di acqua, e quindi anché un lavoro continuo.

3.° Per mettere in atto un tale concetto si procederà così. In contiguità di un mare soggetto a flusso e riflusso si apparecchieranno due bacini, quanto più ampli e tanto meglio, divisi fra loro mediante una diga, e separati pure con altre dighe dal mare. Nella diga che divide i due bacini si aprirà la luce di comunicazione fra i bacini stessi, alla quale dovrà essere applicato quell' organo idraulico che verrà giudicato il più opportuno, e che sarà ordinato a raccogliere il lavoro somministrato dall' acqua fluente. Nelle dighe poi che separano i bacini dal mare si praticheranno delle ampie aperture, munite di opportune porte da potersi aprire e chiudere a volontà, onde potere, quando occorra, mettere in comunicazione i bacini col mare, od isolarli dal mare stesso. Le dette aperture saranno molto ampie, acciocchè il riempiersi e il vuotarsi dei recipienti succeda nel più breve tempo possibile. Questo farà ancor sì, che durante la comunicazione dei bacini col mare le variazioni di livello di questo si ripetano pressochè nella stessa misura in quelli: il che ci sarà per tornare utilissimo; imperocchè essendo le variazioni di livello dovute alla marea lentissime in sul principio e verso il termine, e massime nella metà del periodo, si potranno tenere aperte le comunicazioni dei bacini col mare per un tempo più o meno lungo, secondo l'area dei bacini stessi, ed interromperle allora soltanto che le variazioni di livello dell'acqua del mare si faranno maggiori di quelle dell' acqua stessa nell' interno dei bacini, e ciò con profitto non lieve.

4.° A meno che non si possa disporre di bacini enormemente estesi, usando luce d'efflusso di sezione costante, il lavoro non può necessariamente essere regolare, non potendosi mantenere costante la differenza di livello dell'acqua nei due bacini; nella maggior parte dei casi sarà quindi necessario di munire la bocca d'efflusso di un opportuno regolatore, il quale, restringendo la luce quando la differenza di livello è massima, ed allargandola allora che la detta differenza è minima, moderi l'efflusso dell' acqua così da mantenere un lavoro assai prossimamente costante: il che, come è noto, si può facilmente ottenere, almeno allora che le variazioni di livello non fossero

Digitized by Google

troppo grandi. Questo regolatore poi potrà essere posto in movimento dalla stessa macchina, e ciò mediante congegni notissimi e facilissimi.

5.° A facilitare la condotta pratica dell'operazione converrà collocare opportunamente degli idrometri tanto nell'interno dei bacini quanto nel mare, così da potere essere facilmente scorti da quelli a cui viene affidato il maneggio pratico della operazione medesima. I detti idrometri serviranno a mostrare quando il livello dell'acqua o nell'uno o nell'altro dei due bacini eguaglia quello dell'acqua del mare, nonchè a confrontare le variazioni di livello nel bacino chiuso con quelle che hanno luogo nel bacino in comunicazione col mare. Se le aree dei due bacini sono eguali, gli idrometri che servono a quest'ultimo scopo saranno graduati egualmente; se no, bisognerà graduarli così che le divisioni dell'uno stieno a quelle dell'altro nel rapporto inverso delle loro sezioni. Ecco poi il metodo, secondo il quale dev'essere condotta l'operazione.

Diremo per semplicità A il bacino superiore, e B l'inferiore; e supporremo anche uguali le aree dei due bacini; perchè, se questo non fosse, sarebbe assai facile di vedere quali modificazioni converrebbe recare all'enunciato delle seguenti regole. In principio si chiuderà la comunicazione fra i due bacini, e nella bassa marea si ridurrà il livello dell'acqua nel bacino B al punto il più basso; dopo di che si chiuderà la comunicazione del bacino B col mare, e nell'alta marea aprendo la comunicazione di A col mare, si condurrà l'acqua di quest'ultimo alla massima altezza della marea nel giorno in cui si darà principio al movimento. La operazione principierà all'istante del colmo, nel quale si aprirà la bocca di efflusso nell'acqua dal bacino superiore nell'inferiore, e si metterà in moto la macchina. Dall'istante del colmo si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a tanto che sull'idrometro del bacino B si scorgerà che gli alzamenti dell'acqua nel bacino stesso, p. e. di tre in tre o di sei in sei minuti, secondo la vastità dei bacini, sono eguali agli sbassamenti sull'idrometro di A; e nell'istante in cui questo avviene si chiuderà la comunicazione di A col mare, facendo succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a che, elevandosi l'acqua in B, e sbassandosi il livello del mare, si vedrà che i

Digitized by Google

due livelli sono eguali; nel quale istante si aprirà la comunicazione di B col mare, e si terrà aperta fino a che si scorgerà che gli sbassamenti dell'acqua sull'idrometro in A per tre o sei minuti sono eguali agli alzamenti sull'idrometro in B; e nell'istante in cui questo avviene, si chiuderà la comunicazione di B col mare, e si lascierà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a tanto che l'acqua nel bacino A si sarà ridotta a livello dell'acqua del mare, la quale nel frattempo si sarà andata mano mano elevando. A questo istante si aprirà la comunicazione di A col mare, tenendola aperta fino a tanto che, passato il colmo, si ripeta l'eguaglianza nelle variazioni di livello in principio accennata. Dall'istante di un colmo a quello del colmo succesivo, cioè 12 ore, si avrà quello che diremo *un periodo*.

Il primo periodo non è mai il normale, perchè nello stesso l'originaria differenza di livello al principio dell'operazione è tutta l'altezza della marea; il che non si ripete più in tutti i periodi successivi, ma dopo il secondo o terzo periodo se ne stabilisce uno di normale, il quale non soffre che quelle variazioni che sono naturalmente portate dalle variazioni della stessa marea.

6.° Nell'assoggettare al calcolo il metodo ora esposto distingueremo i due casi, ne' quali cioè la bocca di efflusso è costante, e quello in cui essa è munita di regolatore ordinato così da mantenere costanti il lavoro. Tanto nell'uno quanto nell'altro caso supporremo eguali le aree dei due bacini, e le indicheremo con A, valutandole in metri quadrati; diremo S l'area della bocca di efflusso moltiplicata per quell'opportuno coefficiente di riduzione che compete al caso che si considera, e valutata pure in metri quadrati. Diremo rispettivamente x ed y l'altezze dell'acqua nei bacini A e B alla fine del tempo t, computate dal punto di massima depressione, valutate in metri; conteremo il tempo t dall'istante del colmo, e prenderemo per unità di tempo l'ora. Supponiamo finalmente che

$$(I) \qquad z = f(t)$$

rappresenti la legge con cui varia il livello del mare, essendo z l'altezza dell'acqua del mare alla fine del tempo t contata dal

Digitized by Google

punto di massima depressione. In ogni caso i valori di z si potranno avere per intervalli di tempo abbastanza piccoli dalle dirette osservazioni sul luogo ove si sono stabiliti i bacini, e si potranno disporre in una tavola per tutti gl'istanti di un intero periodo. Così ho fatto negli esempj che recherò per le variazioni corrispondenti alla marea della laguna di Venezia, giovandomi di quanto viene riportato dal chiarissimo Commendatore Paleocapa nel suo opuscolo intitolato *Esame delle opinioni di Benedetto Castelli e di Alfonso Borelli sulle lagune di Venezia, aggiuntavi un' Appendice sulla riapertura del Businello.*

Contando t in ore dall'istante del colmo, l'andamento della marea nella laguna di Venezia è assai prossimamente rappresentato in medio dalla

$$\text{(II)} \qquad z = 0{,}87 + 0{,}145.\,t - 0{,}1384 \text{ sen } \{t.\,60^{\circ}\}.$$

7.° Caso I. S costante

essendo

$$S\sqrt{2g}.\sqrt{x-y}$$

la quantità di acqua che in un secondo si versa dal bacino A, nel bacino B; se poniamo

$$\text{(III)} \qquad \alpha = \frac{3600\ S.\sqrt{2g}}{A}$$

sarà

$$\text{(IV)} \qquad dx = -\alpha\sqrt{x-y}.\,dt$$

$$\text{(V)} \qquad dy = \alpha.\sqrt{x-y}.\,dt.$$

Quando sia in comunicazione col mare A, si porrà nella (V) in luogo di x il suo valore dato dalla (I), e si avrà y; se invece sarà B in comunicazione col mare, si porrà $f(t)$ in luogo di y nella (IV), e dalla stessa si avrà x. Se i due bacini sono isolati, contando il tempo t dall'istante in cui si è tolta qualun-

Digitized by Google

que comunicazione col mare; e detti a e b i valori di x e di y all'istante medesimo, sarà

$$\text{(VI)} \qquad \begin{cases} x = a - \alpha\sqrt{a-b}\,.\,t + \frac{1}{2}\alpha^2\,.\,t^2 \\ y = b + \alpha\sqrt{a-b}\,.\,t - \frac{1}{2}\alpha^2\,.\,t^2. \end{cases}$$

Il confronto poi fra i valori di x ed y così calcolati, e i valori di z dati dalla (I) ci somministrerà l'istante in cui devesi aprire la comunicazione col mare o del bacino A, o di B. Per avere l'istante in cui dev'essere tolta la comunicazione col mare dell'uno o dell'altro dei due bacini, basterà confrontare i valori o di $\frac{dx}{dt}$, o di $\frac{dy}{dt}$ con quelli di $\frac{dz}{dt}$, e la comunicazione dovrà essere tolta allora che i primi diventeranno eguali ai secondi.

Per quanto spetta al calcolo del lavoro che si compie dall'acqua fluente alla fine del tempo t, e durante un secondo, questo sarà evidentemente

$$1000\,.\,S\,.\sqrt{2g}\,.\,(x-y)^{\frac{3}{2}}$$

valutandolo in chilogrammetri, oppure

$$\frac{1000\,.\,S\,.\sqrt{2g}\,.\,(x-y)^{\frac{3}{2}}}{75}$$

se lo valutiamo in cavalli-vapore. Che se poniamo in luogo di S, A ed α sarà

$$\text{cavalli-vapore } 0{,}003704\,.\,\alpha\,.\,A\,(x-y)^{\frac{3}{2}}.$$

8.° Se anche fosse nota $f(t)$ sotto forma algebrica, ancora la soluzione incontrerebbe sempre una grande difficoltà nella integrazione delle equazioni (IV) e (V), la quale in ogni caso non si potrebbe avere che per serie; e la difficoltà sarebbe insormontabile qualora $f(t)$ non si potesse esprimere algebricamente; ma praticamente la soluzione riesce sempre assai facile, per poco che sieno ampj i bacini, e piccola S: il che sempre

Digitized by Google

succede in tutti i casi, ne' quali sia possibile l'applicazione del metodo esposto.

Riducasi $f(t)$ in tavola per intervalli di tempo abbastanza piccoli, p. e. di sei in sei minuti primi; lo che corrisponde ad un valore di dt, eguale ad un decimo; poi partendo dai valori noti di x ed y, si calcolino le equazioni (IV) e (V) come se appartenessero alla classe delle differenze finite; si calcolino cioè le

$$\Delta x = -\alpha . \sqrt{x - y} . \Delta t$$

$$\Delta y = \alpha . \sqrt{x - y} . \Delta t$$

usando per x o per y i valori della tavola, secondochè è aperto A oppure B, e si avrà o la diminuzione di x, o l'aumento di y, che dovrà essere o tolto od aggiunto al loro valore precedente, poi con questo nuovo valore si calcolerà la variazione successiva, e così via via. L'istante con cui i livelli coincidono con quello del mare, si avrà confrontando i valori di x o di y così calcolati con quelli della tavola. Finalmente si calcoleranno i valori di $x - y$ ai varj istanti del tempo, i quali sostituiti nella (VII) daranno il corrispondente lavoro.

9.° Per dare un'idea concreta dell'andamento del problema nel caso ora contemplato, cioè quando avvenga l'efflusso a bocca costante, ho calcolato tre casi, di cui soggiungo quì i risultamenti, supponendo che la marea sia quella della nostra laguna, ed il periodo ridotto ormai regolare.

I.° $\alpha = 0{,}1$

Condizione dei livelli all'istante del colmo:

Livello nel bacino A . . . $0^m, 87$,
id. id. B . . . 0, 35.

A partire dall'istante del colmo si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a $1^h{,}12'$ nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,828,
id. id. B . . . 0,442.

Digitized by Google

A 1^h 12′ si chiuderà la comunicazione di A col mare, e si farà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 2^h 42′, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,746,
id. id. B . . . 0,521.

A 2^h 42′ si aprirà la comunicazione di B. col mare, ed a 6^h sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,52,
id. id. B . . . 0,00.

Si continuerà a tenere aperta la comunicazione di B col mare fino a 7^h 3′, nel quale istante avremo:

Livello nel bacino A . . . 0,431,
id. id. B . . . 0,029.

A 7^h3′ s'interromperà la comunicazione di B col mare, e si farà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 8^h39′, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,34,
id. id. B . . . 0,12.

A 8^h39′ si aprirà la comunicazione di A col mare, e a 12^h, cioè al termine del periodo, ritorneranno:

Livello nel bacino A . . . 0,87,
id. id. B . . . 0,35.

Per 2 bacini di 125 pertiche censuarie ciascuno, il lavoro medio sarebbe assai prossimamente 14 cavalli-vapore; ma questo lavoro varierebbe fra i limiti di circa 20 cavalli a 5^h ed a 11^h, e di 5 cavalli soltanto a 2^h35′ e a 8^h35′, con un rapporto fra il lavoro massimo e minimo eguale a 4,08.

10.° Caso II. $\alpha = 0{,}0216$.

Condizioni di livello all'istante del colmo:

Livello nel bacino A . . . 0,87.
id. id. B . . . 0,10.

Digitized by Google

A partire dall'istante del colmo si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a $0^h 30'$, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,867,
id. id. B . . . 0,109.

A $0^h 30'$ si chiuderà la comunicazione di A col mare, e si lascierà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 4^h, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,805,
id. id. B . . . 0,171.

A 4^h si aprirà la comunicazione di B col mare, e a 6^h avremo:

Livello nel bacino A . . . 0,798,
id. id. B . . . 0,000.

Si continuerà a tenere aperto B fino a $6^h 30'$, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,759,
id. id. B . . . 0,003.

A $6^h 30'$ s'interromperà la comunicazione di B col mare, e si farà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 10^h, in cui avremo:

Livello nel bacino A . . . 0,700,
id. id. B . . . 0,066.

A 10^h si aprirà la comunicazione di A col mare, e alla fine del periodo, cioè a 12^h, ritorneranno:

Livello nel bacino A . . . 0,87,
id. id. B . . . 0,10.

Per due bacini dell'area di 125 pertiche censuarie ciascuno si avrebbe un lavoro medio di 6 cavalli-vapore, e il lavoro varierebbe fra i limiti 6,79 e 4,88, con un rapporto fra il massimo e il minimo eguale a 1,39.

Digitized by Google

11.° Caso III. $\alpha = 0{,}01$,

Condizione dei livelli all'istante del colmo:

Livello nel bacino A . . . 0,870.
id. id. B . . . 0,053.

Si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a 0^h24, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,8683
id. id. B . . . 0,0566

a $0^h24'$ si chiuderà la comunicazione di A col mare, e si lascierà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a $4^h25'$, in cui sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,8330,
id. id. B . . . 0,0918.

A $4^h25'$ si aprirà la comunicazione di B col mare, e a 6^h sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,82,
id. id. B . . . 0,00.

Si continuerà a tenere aperta la comunicazione di B col mare fino a $7^h24'$, nel quale istante avremo:

Livello nel bacino A . . . 0,8110,
id. id. B . . . 0,0017.

A $7^h24'$ s'interromperà la comunicazione di B col mare, e si farà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 10^h24, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,7757,
id. id. B . . . 0,0369.

Finalmente a $10^h24'$ si aprirà la comunicazione di A col mare, e alla fine del periodo, a 12^h, ritorneranno:

Livello nel bacino A . . . 0,870,
id. id. B . . . 0,053.

Digitized by Google

Per due bacini della superficie di 125 pertiche censuarie ciascuno, il lavoro medio sarebbe di cavalli-vapore 3,25, ed i limiti massimo e minimo sarebbero 3,44 e 2,94; il rapporto poi fra il lavoro massimo e il minimo sarebbe 1,16.

12°. Dalle formule generali e dagli esempj ora discussi rilevasi facilmente:

a) Che le successioni dei livelli si ripetono le stesse per un medesimo valore di α, cioè per un medesimo rapporto fra l'area della luce di efflusso e la superficie dei bacini.

b) Che quindi i lavori variano nello stesso rapporto in tutti i casi, nei quali α abbia lo stesso valore.

c) Che le differenze di livello variano tanto meno, quanto è più piccola α; e che quindi il lavoro tende a regolarizzarsi sempre più, quanto α diventa più piccolo, cioè quanto più grande diventa l'area dei bacini in confronto della luce di efflusso.

d) Che per ottenere un sufficiente lavoro, ed abbastanza regolare, occorrono bacini di grandissima estensione. Per esempio, volendo lavoro che varj come nell'ultimo esempio, con variazioni abbastanza tollerabili, per avere un lavoro di 10 cavalli-vapore occorrerebbero due bacini della estensione di pertiche censuarie 385 circa ciascuno; estensione che dovrà certamente sembrare eccessiva per così piccolo lavoro.

Ora passiamo a trattare del caso in cui adottisi un regolatore ordinato così da mantenere costante il lavoro.

13°. Essendo d Q la quantità di acqua fluita nell'elemento $d\,t$ del tempo, S l'area della luce alla fine del tempo t, il lavoro compiuto nel tempo $d\,t$ sarà:

$$1000\ \mathrm{S}.\sqrt{2g}\,.\,(x-y)^{\frac{3}{2}}\,.\,dt\,.$$

Se quindi si voglia che un tale lavoro resti costante, bisognerà che sia

$$1000.\ \mathrm{S}.\sqrt{2g}\,.\,(x-y)^{\frac{3}{2}}\,.\,=1000\ \mathrm{C},$$

essendo C una costante. Dunque il regolatore dovrà essere così ordinato da rendere ad ogni istante:

$$\text{(VIII)}\qquad \mathrm{S}=\frac{\mathrm{C}}{\sqrt{2g}\,(x-y)^{\frac{3}{2}}}\,.$$

Digitized by Google

Se quindi poniamo per semplicità di scrittura:

$$\beta = \frac{C}{A} \quad \text{(IX)}$$

sarà in tal caso:

$$dx = -\frac{\beta \, . \, dt}{x - y} \quad \text{(X)}$$

$$dy = \frac{\beta \, . \, dt}{x - y} \quad \text{(XI)}$$

Quando l'uno o l'altro dei due bacini sia in comunicazione col mare, allora si tratteranno le (IX) e (X) come abbiamo detto al §. 8°. di trattare le (IV) e (V). Pel tempo, durante il quale i bacini stanno chiusi, computando t_1 dall'istante della loro separazione dal mare, e detti a e b i valori originarj di x ed y, le superiori daranno:

$$\text{(XII)} \quad \begin{cases} x = \dfrac{a + b + \sqrt{\{(a-b)^2 - 4\beta \, . \, t_1\}}}{2} \\ y = \dfrac{a + b - \sqrt{\{(a-b)^2 - 4\beta \, . \, t_1\}}}{2} \end{cases}$$

14° La legge, secondo cui si succedono le differenze di livello per entro ai due recipienti, e quindi pure la legge, secondo la quale devesi far variare l'apertura della luce di efflusso, dipende unicamente dal valore di β, cioè dal rapporto fra il valore del lavoro che si vuole ottenere, e la estensione dei bacini; ed è la stessa per uno stesso valore di β. Quì però è da osservare, che vi ha un limite nel valore di β, al di sotto del quale è impossibile ottenere un efflusso continuo; imperocchè in tal caso le variazioni di livello nei bacini aumentando al diminuire delle differenze di livello, per la maggior copia dell'acqua che deve fluire, se col tempo si giunge ad avere tali differenze di livello, che le variazioni di livello nei bacini superino le variazioni massime della marea non è più possibile di progredire oltre senza che dopo un certo tempo i livelli nei due bacini

Digitized by Google

si facciano eguali, dovendosi aumentare indefinitamente la bocca di efflusso. Un tal limite dipende evidentemente dal valore delle variazioni massime della marea nel luogo ove si vuole applicare il sistema. Per esempio, nel caso delle variazioni massime che si riscontrano nella laguna di Venezia i due livelli si equilibrerebbero, se fosse possibile di aprire la luce della bocca di efflusso fino a comprendere tutta la parete di separazione dei due bacini, verso 10^h dopo il colmo per un valore di $\beta = 0{,}05$; e bisognerebbe già sospendere l'operazione a $2^h 26'$, dopo l'istante del colmo, per un valore di $\beta = 0{,}1$. Ho detto che questo succederebbe, se si potesse spingere l'apertura della luce fino ad essere uguale a tutta l'area della parete di separazione dei due bacini; ma questo evidentemente non è possibile, e quanto abbiamo detto torna solo alla conclusione, che in tali casi non è possibile l'impiego di un regolatore.

L'osservazione precedente limita l'utilità del regolatore, non potendosi nemmeno col suo uso dispensarsi dall'impiego di grandissimi bacini, ed esso non potendo servire che a regolare il lavoro dentro limiti ragionevoli, ma nulla più.

15°. Per norma ho calcolato qui pure due casi, i quali mostreranno assai facilmente la verità delle osservazioni superiori. Le variazioni della marea sono quelle che competono alla laguna di Venezia.

Caso I. $\beta = 0{,}02$.

Condizioni di livello all'istante del colmo:

Livello nel bacino A . . . 0,870,
id. id. B . . . 0,187.

Si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a $0^h 36'$, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,864.
id. id. B . . . 0,200.

A $0^h 36'$ s'interromperà la comunicazione di A col mare, e si lascerà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a $3^h 28'$, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,762,
id. id. B . . . 0,302.

Digitized by Google

A $3^h\ 28'$ si aprirà la comunicazione di B col mare, e a 6^h sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,68,
id. id. B . . . 0,00.

Si continuerà a tenere aperta la comunicazione di B col mare fino a $6^h\ 36'$, al quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,662,
id. id. B . . . 0,006.

A $6^h\ 36'$ si chiuderà la comunicazione di B col mare, e si lascerà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a $9^h\ 26'$, nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,558,
id. id. B . . . 0,109.

A $9^h\ 26'$ si aprirà la comunicazione di A col mare, e a 12^h, cioè al termine del periodo, ritorneranno:

Livello nel bacino A . . . 0,870,
id. id. B . . . 0,187.

La massima differenza di livello avrà luogo sensibilmente a $5^h\ 24'$, e a $11^h\ 24'$ dopo l'istante del colmo, e sarà:

$0^m,69$.

La minima succederà sensibilmente a $3^h\ 28'$, e a $9^h\ 28'$ dopo il colmo, e sarà:

$0^m,45$.

Il rapporto quindi fra la massima e la minima area della luce di efflusso sarà:

3, 6.

Un tale rapporto sarebbe già forse eccessivo.

Se si volesse un lavoro costante di 10 cavalli-vapore con-

Digitized by Google

verrebbe usare di bacini della estensione di 135 pertiche censuarie ciascuno, e le aperture della luce di efflusso sarebbero:

Massima = 1,8590$^{m.\ q.}$.
Minima = 0,5155.

16°. Lavoro più opportunamente distribuito si avrebbe nel

Caso II. $\beta = 0,01$.

Condizioni di livello all'istante del colmo:

Livello nel bacino A . . . 0,87,
id. id. B . . . 0,08.

Si terrà aperta la comunicazione di A col mare fino a 0^h 24', nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,868,
id. id. B . . . 0,083.

A 0^h 24' s'interromperà la comunicazione di A col mare, e si lascierà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a 4^h 11' nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,816,
id. id. B . . . 0,135.

A 4^h 11' si aprirà la comunicazione di B col mare, e a 6^h avremo:

Livello nel bacino A . . . 0,795,
id. id. B . . . 0,000.

Si continuerà a lasciare aperta la comunicazione di B col mare fino a 6^h 24', nel quale istante sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,793,
id. id. B . . . 0,002.

A 6^h 24' s'interromperà la comunicazione di B col mare, e si

Digitized by Google

farà succedere l'efflusso a bacini chiusi fino a $10^h\,11'$, in cui sarà:

Livello nel bacino A . . . 0,742,
id. id. B . . . 0,054.

A $10^h\,11'$ si aprirà la comunicazione di A col mare, e a 12^h, cioè al termine del periodo, torneranno:

Livello nel bacino A . . . 0,87,
id. id. B . . . 0,08.

La massima differenza di livello avrà luogo sensibilmente a $5^h\,36'$ e a $11^h\,36$, e sarà:

$0^m,795$.

La minima succederà a $4^h\,11'$ e a $10^h\,11'$, e sarà:

$0^m,685$.

Il rapporto fra la luce massima e minima sarà:

1,16,

rapporto questo assai proprio.

Se si volesse un lavoro costante di 10 cavalli-vapore converrebbe usare di bacini della estensione di 272 pertiche censuarie ciascuno, e le aperture della luce sarebbero:

Massima = $0,5963^{m.q.}$.
Minima = 0,5138.

17°. Richiamando alla memoria quanto si è osservato al § 12,, si scorge ora manifestamente la utilità del regolatore; imperocchè, per esempio, in quest'ultimo caso con 272 pertiche censuarie per ciascun bacino si avrebbe lo stesso effetto che si ottiene da 385 pertiche censuarie pure per ciascun bacino, quando non si adottasse l'uso del regolatore, e si volesse lavoro abbastanza regolare.

Dunque l'uso del regolatore restringe la estensione dei ba-

Digitized by Google

cini, ma non però tanto quanto si potrebbe credere ad una prima ispezione. Ancora usando dello stesso, resta sempre dimostrato il bisogno di aree di bacini grandissime, e forze sproporzionate al lavoro che se ne può ottenere, almeno pel caso di maree non molto grandi, come, per esempio, quelle della laguna di Venezia.

Se dunque i bacini non esistessero naturalmente, e si dovesse passare alla loro costruzione, egli è evidente che non sarebbe prezzo dell'opera il farlo; ma se si trovassero in contiguità del mare naturalmente di questi bacini, come succede non infrequentemente, e che non grandi lavori di riduzione bastassero a metterli nelle condizioni richieste, allora il metodo discusso potrebbe utilmente servire; ed in ogni caso sarà sempre da adottarsi l'uso del regolatore, per trarre dai bacini stessi il massimo vantaggio. Gli esempj ultimamente discussi potranno in ogni caso porgere una norma abbastanza approssimata per giudicare del lavoro che si può trarre da determinati bacini, e dei limiti fra i quali converrà restringere l'uso del regolatore.

ACIDO DITARTARICO E DISUCCINICO; H. SCHIFF.

(*Comptes rendus*, T. LIV. pag. 1073.)

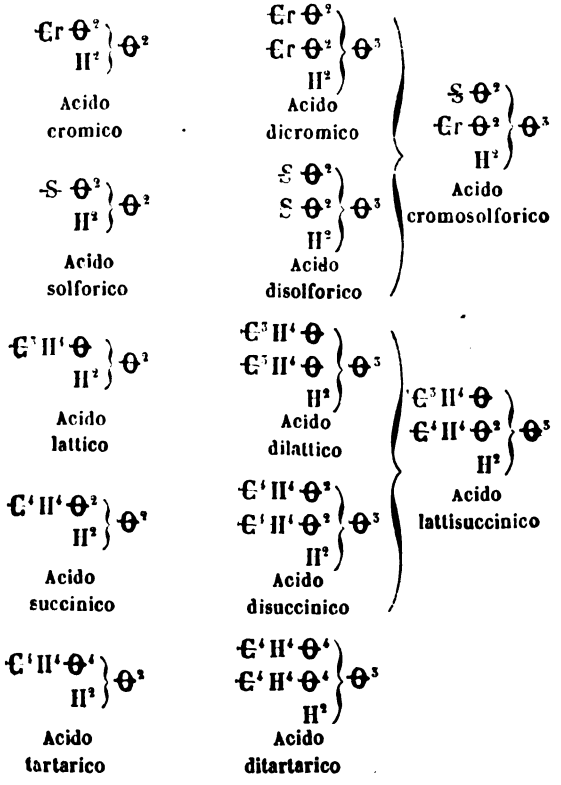
Traduzione.

« Le ricerche di Lourenço, Wurtz e Friedel hanno dimostrato che più equivalenti di un radicale possono combinarsi per formare una sola molecola idratata basica o acida. Questi composti sono stati ottenuti per combinazione diretta o per doppia decomposizione.

« In questa Memoria dimostrerò che questi composti possono essere ottenuti non solamente con tali metodi, ma ancora per disidratazione dell'acido idrato; nello stesso tempo farò conoscere due nuovi composti dello stesso genere, l'acido ditartarico e l'acido disuccinico.

Digitized by Google

« Se si mantiene per qualche tempo l'acido tartarico in fusione, esso, senza colorarsi minimamente, perde mezza molecola di acqua e si converte in un acido che contiene 2 eq. di radicale tartarico in una sola molecola. Questo acido è comparabile alle combinazioni dilattiche ottenute da Wurtz e Friedel e a qualche composto considerato anormale nella chimica inorganica.



« In fatti sono riuscito a preparare ditartarati e anche l'etere ditartarico combinando l'acido tartarico anidro coi tartarati. Aggiungendo un eq. di acido tartarico fuso a un eq. di un tartarato ho ottenuto una massa molto deliquescente, la quale si comporta precisamente come il prodotto della fusione

Digitized by Google

prolungata dell' acido tartarico. L' acido ditartarico non è cristallizzabile, esso forma dei sali solubilissimi nell' acqua, e lo sono pure i ditartarati di rame, di argento, di etile. I ditartarati sono precipitati dall' alcole sotto forma di un sciroppo oppure di fiocchi voluminosi che si prendono in massa coll' agitazione, e disseccati, costituiscono una massa cornea che non si cambia per il contatto dell' aria. I risultati delle analisi eseguite sopra sali provenienti da acidi preparati coi metodi indicati, si accordano colla formula $C^8H^{10}O^{11}$ dell' acido ditartarico.

« L' acido succinico, perdendo colla sublimazione una mezza molecola d' acqua si trasforma in acido disuccinico; le formule

$$\left.\begin{matrix} C^4H^4O^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^2, \qquad \left.\begin{matrix} 2C^4H^4O^2 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^3$$

Acido succinico — Acido disuccinico

indicano i rapporti che si troveranno senza dubbio fra altre combinazioni poliatomiche esposte all' influenza di un calore moderato.

« Esperienze, eseguite da Fremy nel 1838 e ripetute da Laurent e Gerhardt nel 1848, hanno dimostrato che l' acido tartarico esposto ad una temperatura di 150°, entra in fusione e prova un cangiamento nelle sue proprietà fisiche e chimiche. Fremy ha descritto un acido tartralico

$$C^4H^4O^5 + \tfrac{3}{4}H^2O$$

e un acido tartrelico

$$C^4H^4O^5 + \tfrac{1}{2}H^2O,$$

che differiscono solamente dall' acido tartarico

$$C^4H^4O^5 + H^2O$$

per frazioni di molecole d' acqua.

« Laurent e Gerhardt non confermarono questi risultati.

Digitized by Google

Secondo questi chimici e Erdmann, l'acido entra in fusione e può mantenersi in questo stato senza perdere acqua; ma l'acido metatartarico che ne deriva, conservando la stessa composizione dell'acido tartarico ne differisce in tutte le sue proprietà. Le mie ricerche hanno confermato questi fatti, ma non ho potuto ottenere i composti isotartarici di Laurent e Gerhardt, che devono essere isomeri ai tartarati e metatartarati acidi.

« L'acido ditartarico è identico per le sue proprietà all'acido isotartarico, e quest'ultimo mescolato ad acido metatartarico, costituiva senza dubbio l'acido tartrato di Fremy ».

INTORNO ALLE STRIE DEGLI SPETTRI STELLARI; MEMORIA DI G. B. DONATI.

Fraunhofer nella sua celebre Memoria sopra il potere di rifrazione e di dispersione di varie specie di vetri, dopo aver riportato molte importantissime osservazioni relative allo spettro solare, e particolarmente alle strie oscure che in questo si osservano, scende a dire che collo stesso metodo (a tutti noto) col quale osservava le strie dello spettro solare, osservò pure gli spettri di alcune stelle; e così si esprime sul tal proposito:

« Io ho visto senza illusione nello spettro di Sirio tre strie « larghe, le quali, a giudicarne dall'apparenza, non hanno « nessuna rassomiglianza con quelle della luce del sole; una di « quelle strie è nel verde, e le altre due sono nell'azzurro. Si « riconoscono delle strie anche nello spettro di altre stelle di « prima grandezza; ma queste stelle sembrano essere differenti « fra loro, rapporto a tali strie. L'obiettivo del cannocchiale « del teodolite non aveva che 13 linee di apertura, ed è na- « turale che col mezzo di un obiettivo di maggior dimensione, « tali esperienze possano essere ripetute con una più gran pre- « cisione. Io ripeterò tali esperienze con delle modificazioni « convenienti, affine di porgere occasione a qualche abile fisico

Digitized by Google

« di continuarle. Una serie di tali osservazioni è tanto più de-
« siderabile, in quanto che esse servono contemporaneamente
« a dare *un confronto esatto fra la rifrangibilità della luce*
« *delle stelle e quella del sole* » (1).

In una Memoria di poco posteriore a quella sopra citata, Fraunhofer ritorna sul medesimo soggetto delle strie degli spettri stellari; e discorre di un nuovo apparecchio da lui costruito, e delle ulteriori ricerche che con esso tentò di istituire, nel modo seguente (2): « Per osservare gli spettri della luce delle
« stelle, come pure per determinare la rifrazione di questa
« luce, io ho da poco tempo in qua costruito un grande ap-
« parecchio, fornito di un cannocchiale avente un obiettivo del-
« l'apertura di 4 pollici, e col quale ho già ottenuto molti
« importanti resultamenti, quantunque le indagini sieno ben
« lungi dall'essere al loro termine. Il prisma di Flint, che fa
« parte di questo apparato, ha un angolo di 37°40′ e la stessa
« ampiezza del suddetto obiettivo, dinanzi al quale è situato.
« L'angolo che un raggio incidente fa con un raggio emer-
« gente da questo prisma, è all'incirca di 26°: così che se la
« rifrazione della luce di una stella diversificasse anche di poco
« da quella di un'altra stella, la differenza dovrebbe facilmente
« riconoscersi. Affine di verificare e di misurare esattamente
« tale differenza (se alcuna ne esiste), io ho fissato stabilmen-
« te al gran cannocchiale un altro cannocchiale più piccolo, in
« modo che gli assi ottici di questi due cannocchiali siano fra
« loro inclinati di un angolo di circa 26°, cioè di un angolo
« eguale a quello che il raggio incidente, a motivo della ri-
« frazione, fa col raggio emergente dal prisma. Di due osserva-
« tori che facciano uso di questo apparecchio, uno può osser-
« vare direttamente senza prisma una stella sotto il filo del
« piccolo cannocchiale, e l'altro può osservare una parte dello
« spettro di quella stella attraverso il più gran cannocchiale.
« Questo è munito di un conveniente micrometro a vite, un

(1) Vedi *Astronomische Abhandlungen von Schuhmacher. Zweites Heft.* Altona, 1823.

(2) Per questa Memoria poco conosciuta, vedi *Annalen der Physik, von Gilbert*, vol. 74. Leipzig, 1825.

Digitized by Google

« filo mobile del quale può farsi collimare con una delle linee « oscure dello spettro nel medesimo istante che la stella si « trova sotto il filo del piccolo cannocchiale senza prisma. Fatto « ciò, si rivolge l'apparecchio, senza muovere il micrometro, « verso un'altra stella per la quale vuolsi sapere se la sua « luce ha la medesima rifrazione di quella della stella osser- « vata prima: e se nell'istesso momento che la seconda stella « apparisce sotto il filo del piccolo cannocchiale, o il mede- « simo colore dello spettro o la medesima stria che per la « prima stella, trovasi pure sotto il filo del micrometro del « gran cannocchiale, allora è segno che è uguale la rifrazione « di ambedue le specie di luce osservate. Dappoichè sono ne- « cessarii due osservatori, il sig. Soldener ebbe la bontà di « assistermi in tali ricerche; le quali, come ho già detto, sono « da riguardarsi soltanto come incominciate: ed io devo fare « ancora molti importanti cambiamenti all'apparato, affine di « raggiungere una più gran precisione e una maggior como- « dità nell'osservare. Noi non abbiamo fino ad ora trovato al- « cuna stella che per rapporto alla rifrazione sia notabilmente « diversa dalla luce dei pianeti. Se le strie degli spettri fossero « visibili distintamente, con detto apparecchio si potrebbe es- « ser sicuri di 10 secondi: e se quelle strie non possono ve- « dersi, collimando ai raggi arancioni si può contare sopra $^1/_2$ « minuto. E poichè la rifrazione totale attraverso il prisma « ascende a circa 26°, si potrebbe adunque con questo appa- « rato apprezzare una quantità che sarebbe $^1/_{9360}$ della detta « rifrazione totale; lo che non equivarrebbe neppure ad $^1/_4$ di « secondo per la rifrazione orizzontale attraverso la nostra « atmosfera. Fino ad ora alcuni astronomi hanno dubitato, co- « me è noto, che le tavole di rifrazione relative alle diverse « stelle potessero essere differenti. Dalle precedenti ricerche « sembra che un tal dubbio sia remosso: la continuazione delle « medesime darà, come io spero, una completa certezza.

« Per potere osservare col descritto apparato le strie delle « varie stelle, fa d'uopo che l'aria sia di un grado di purez- « za, che ha soltanto rarissime volte. Lo spettro della luce di « Marte e quello di Venere presentano le medesime strie che « lo spettro solare, ed esattamente nella medesima posizione,

Digitized by Google

« almeno per ciò che riguarda le strie D, E, *b* ed F, la posi-
« zione relativa delle quali può essere determinata. Nello spet-
« tro della luce di Sirio io non potei vedere alcuna stria, nè
« nell'arancione nè nel giallo; ma nel verde vi si scorge una
« stria molto forte, e due altre strie egualmente forti si scor-
« gono nell'azzurro: sembra che nessuna di queste strie abbia
« rassomiglianza colle strie della luce solare; noi abbiamo de-
« terminato la loro posizione col micrometro. La stella Castore
« dà uno spettro che rassomiglia quello di Sirio; per la stria
« nel verde, malgrado la debolezza nella luce, vi era abbastanza
« intensità perchè io potessi osservare la posizione, che trovai
« esattamente eguale a quella della stria di Sirio: potei rico-
« noscervi ancora le strie nell'azzurro, ma non vi era luce ba-
« stante perchè potessi determinare il luogo preciso. Nello spet-
« tro di Polluce io riconobbi molte debolissime strie che rasso-
« migliano a quelle di Venere; la stria D ha in esso la mede-
« sima posizione che nello spettro della luce solare. La Capra
« dà uno spettro nel quale le strie D e *b* occupano la mede-
« sima posizione che nello spettro del sole. Lo spettro della
« Beteigeuze (α di Orione) contiene molte strie, che quando
« l'aria è buona sono nettamente definite; e fra esse, sebbene
« a prima vista sembrino non avere alcuna rassomiglianza con
« quelle dello spettro di Venere, ve ne sono due che hanno la
« medesima posizione nelle strie D e *b* della luce solare. Nello
« spettro di Procione si distinguono alcune strie, ma a mala
« pena e non tanto distintamente da poterle con sicurezza mi-
« surare: io credo di aver veduto nell'arancione una stria
« nello stesso luogo di quello della stria D del sole » (1).

(1) Nello scorso mese di Luglio, mentre io era in Spagna per osservarvi l'eclisse totale di sole che accadde il 18 del detto mese, ebbi la favorevole occasione di conoscere in Valenza il sig. Lamont, il quale mi disse che egli possedeva l'istesso apparato costruito da Fraunhofer, e che con esso aveva istituite alcune ricerche sugli spettri stellari, di cui aveva dato un cenno in una breve nota, inserita in uno degli almanacchi del R. Osservatorio di Monaco (*Jahrbuch der leöniglichen Sternwarte bei München, für* 1838). Quella nota è la seguente: « Io ho già da molti anni, ri-
« messo nuovamente in ordine il medesimo apparato (che apparteneva a
« Fraunhofer) con l'intenzione di analizzare la luce di qualche stella
« doppia composta di due stelle di differente colore, e di dare una deci-

Digitized by Google

Queste sono le sole indicazioni (per quanto mi sappia) che sieno state date intorno alle apparenze e alle posizioni delle strie degli spettri stellari; ed io ho qui prodotto per intero tutto quello che Fraunhofer ha scritto su tal proposito, perchè i più valenti fisici si tacciono sempre, intorno al modo con cui egli potè pervenire a dare le dette indicazioni. Le quali essi riportano nei loro trattati, raccomandando sempre di continuare e di estendere le indagini sopra gli spettri della luce delle varie stelle, affine di determinare il rapporto che passa fra questi e quello del sole.

Ma non vale la pena che io mi trattenga in citazioni per provare la importanza che possono avere tali esperimenti, e mi faccio senz'altro a discorrere del come io sia giunto a fare sopra gli spettri stellari alcune osservazioni più accurate di quelle istituitevi fino al presente.

Le difficoltà che si hanno a superare in tal genere di ricerche sono principalmente due. In primo luogo è necessario far concorrere alla formazione degli spettri stellari una gran quantità di raggi, poichè altrimenti (atteso il debolissimo splen-

« siva risposta ad alcuni astronomi che dimandano se la detta differenza « di tinta sia veramente reale o soltanto apparente. Ma io non potei ot- « tenere immagini prismatiche che dalle stelle di prima grandezza, ed « anche per queste i colori erano straordinariamente deboli. Più tardi io « mi servii del gran rifrattore soltanto per lo studio della luce stellare, « col mezzo di un prisma posto fra l'obiettivo e il suo fuoco, dietro il « quale era posto immediatamente un oculare munito di micrometro. Con « tal disposizione io aveva il vantaggio non solo di poter adoperare un « piccolo prisma, ma anche di poter far di meno di una lente cilindrica, « che deve essere stata indispensabile a Fraunhofer per ottenere un' im- « magine sufficientemente alta. Io mi limito a dire che anche colle stelle « di quarta grandezza ebbi degli spettri abbastanza luminosi, nei quali, a « intervalli, si vedevano distintamente molte linee oscure. Alla misura « delle strie dovrebbe aggiungersi ancora la determinazione della inten- « sità delle varie parti colorate degli spettri stellari «.

Il sig. Lamont, nell'inviarmi gentilmente il libro ove trovasi la nota sopra allegata, mi scriveva quanto appresso: « Io ho esperimentato, che « col mio apparecchio si vedono le strie degli spettri con grandissima pre- « cisione, quando si abbia l'atmosfera in uno stato favorevolissimo; ma « disgraziatamente nel nostro clima un tale stato atmosferico è rarissimo, « ed io mi sono deciso di lasciare lo studio di questo importante sog- « getto a coloro che hanno la fortuna di vivere in un clima migliore ».

Digitized by Google

dore delle stelle) quegli spettri non avrebbero abbastanza luce per essere veduti e studiati. In secondo luogo vi vuole un mezzo per dare a questi spettri una sufficiente altezza: poichè se fossero semplicemente prodotti dai raggi diretti delle stelle (le quali ci appariscono come punti ottici) essi avrebbero un' altezza tanto piccola, che sarebbe difficile e quasi impossibile di riconoscerne e di osservarne le strie. Non starò quì a far la storia di tutti gli apparati che io incominciai a immaginare fino dal 1857 per vincere tali difficoltà; poichè avendo comunicate le mie idee al Prof. G. B. Amici, egli mi suggerì un apparecchio più di ogni altro conveniente al fine propostomi, e col quale ho eseguito le osservazioni che formano il soggetto di questa Memoria. I principii fondamentali su cui quest' apparato si basa, sono i seguenti:

In vicinanza del foco di una gran lente è posta una sottil fenditura, ad una distanza dalla detta lente un poco minore della distanza focale di essa. Per tal modo se si suppone di rivolgere la gran lente verso una stella, è chiaro che sulla fenditura verrà a raccogliersi un fascio di luce che conterrà una quantità di raggi stellari tanto maggiore, quanto maggiore sarà il diametro della lente condensatrice, e che avrà un' altezza più o meno grande, secondo che la fenditura sarà più o meno prossima a quella lente: e così si avrà una fenditura di una certa altezza rischiarata da una gran quantità di luce proveniente dalla stella verso la quale la lente condensatrice è rivolta; e si potrà quindi osservare quella fenditura attraverso un prisma, e studiare le linee oscure che si incontrano nello spettro che ne resulta. Vi è però da prendere in considerazione che, a motivo del moto diurno terrestre, la stella che si osserva cambia continuamente di luogo; e che quindi bisogna far muovere corrispondentemente la lente condensatrice e la fenditura: la quale non può dunque essere osservata nel modo consueto con cui si suole osservare una fenditura fissa che sia rischiarata dai raggi solari, per mezzo dello specchietto di un eliostata; ma bisogna fare in modo che tanto il prisma quanto il cannocchiale con cui si osserva lo spettro conservino sempre la medesima posizione rapporto alla fenditura. La qual cosa è manifesto potersi ottenere, fissando convenientemente sopra un

Digitized by Google

medesimo pezzo la lente condensatrice, la fenditura, il prisma e il cannocchiale. Ma poichè per non dare all'apparecchio dimensioni tanto grandi che rendano impossibile o complicatissimo l'adoperarlo, fa duopo che il prisma sia molto prossimo alla fenditura, e in tal caso i raggi che escono da essa incontrerebbero il prisma in direzioni molto oblique, e tali da non soddisfare alle condizioni necessarie perchè si producano le strie dello spettro, il Prof. Amici ha immaginato di porre fra il prisma e la fenditura una piccola lente, il foco della quale corrisponde colla fenditura stessa; e quindi i raggi che partono da questa dopo aver traversato quella piccola lente vanno ad incontrare il prisma, tutti in direzioni parallele: e così si ottengono le condizioni necessarie per osservare le strie. Questi sono i principii fondamentali sui quali si basa l'apparecchio che mi faccio ora più particolarmente a descrivere (1).

Per lente condensatrice io mi son valso della gran lente ustoria che si conserva nella tribuna di Galileo del Reale Museo di Firenze. Questa lente fu lasciata al Granduca Cosimo dei Medici da Benedetto Bergans di Dresda, uomo intelligentissimo delle matematiche, nel suo passaggio per la Toscana dopo il 1690, e con essa l'Averani e il Targioni sperimentarono, e l'azione calorifera dei raggi lunari, e quella della luce solare concentrata sopra le gemme e le pietre dure: e servì egualmente al celebre Davy nelle sue ricerche sulla natura chimica del diamante (2). Il diametro di questa lente è di 41 centimetri, ed ha una distanza focale di centimetri 158. Io ho montato questa lente paralatticamente sopra di un piede mobile, come vedesi nella *Tav. I. fig.* 1., che è superfluo il descrivere: poichè la sola ispezione di essa basta a far conoscere tutte le particolarità

(1) Nell'essere, nello scorso mese di Luglio, di passaggio per la città di Marsiglia, io ebbi il piacere e l'onore di conoscere il sig. Morren, decano della facoltà delle scienze di quella città, il quale mi mostrò gentilmente alcune sue nuove importantissime esperienze relative agli spettri ottenuti colla luce di varii gas; e l'apparato da lui immaginato per eseguire questi esperimenti (che egli si propone di estendere anco agli spettri stellari) riposava *precisamente* sugli stessi principii sopra accennati.

(2) Vedi Antinori, *Notizie istoriche relative all'Accademia del Cimento*, pag. 122. Firenze, Tipografia Galileiana, 1841.

Digitized by Google

necessarie. La *figura* 2. rappresenta (sopra una scala molto più grande della *figura* 1.) l' altra parte dell' apparato che contiene il prisma, la fenditura e il cannocchialino con cui si osservano le strie. Questo piccolo cannocchiale (che nella figura è rappresentato da *f*) ha un obiettivo acromatico dell' apertura di 24 millimetri con una distanza focale di 17 centimetri: nel foco dell' obiettivo porta due sbarre metalliche parallele, l' una fissa, e l' altra mobile per mezzo della vite micrometrica *r*; ed ha un oculare che dà un ingrandimento di 12 volte. A questo cannocchialino, per mezzo della vite *s*, può farsi descrivere un settore, il centro del quale coincide col centro del disco graduato *l*, e per tal modo si viene a cambiare l' angolo che esso fa col tubo *q*. All' estremità *m* di questo tubo vi è una lente acromatica eguale a quella che serve di obiettivo al cannocchialino *f*, e nell' interno di questo tubo è adattata una buonissima lente cilindrica rappresentata in *t*, la quale ha una cortissima distanza focale, e il foco della quale corrisponde precisamente nel foco della lente situata in *m*. Quando si vuole osservare, si pone il tubo *q* rappresentato dalla *figura* 2. entro il tubo *d* rappresentato dalla *figura* 1. (1), e vi si interna in modo che la lente cilindrica, la quale trovasi nell' interno del tubo *q*, oltrepassi di un poco la posizione del foco della lente raccoglitrice. I raggi che questa lente (rivolta ad un oggetto luminoso) riunisce su quella cilindrica, sono da quest' ultima raccolti lungo una sottilissima linea retta, i raggi della quale, usciti che sono in direzioni parallele dalla lente in *m*, vengono poi rifratti e dispersi dal prisma *p*: e quindi ponendo l' occhio al cannocchiale *f*, si osserva lo spettro formato dalla decomposizione della luce di cui è composta la suddetta linea; e vi si vedono le strie corrispondenti a quella data luce. Io ho adattato una lente cilindrica invece di una fenditura semplice, perchè dovendosi (per avere una certa altezza nello spettro) internare la fenditura al di là del foco della lente raccoglitri-

(1) Il tubo *q* e il tubo *d*, il primo dei quali deve entrare esattamente nel secondo, appariscono nelle due figure di un diametro molto differente, perchè, come abbiam detto, quelle due figure sono state fatte sopra scale diverse.

Digitized by Google

ce, colla fenditura semplice si perderebbero i due segmenti del fascetto di luce laterali alla fenditura; laddove colla lente cilindrica anche la luce contenuta in que' due segmenti viene ad esser raccolta sopra la medesima linea retta. Ma poichè cambiando la posizione della stella che si osserva, rapporto alla direzione dell'asse ottico della lente raccoglitrice, cambia corrispondentemente anche la posizione della retta focale prodotta dalla lente cilindrica, e quindi sarebbe impossibile di mantenere sempre la detta retta nella medesima posizione rispetto al prisma, io ho situato una lamina metallica ad una distanza dalla lente cilindrica eguale alla distanza focale di questa; nella qual lamina è intagliata una sottil fenditura longitudinale, attraverso la quale si può vedere la linea lucida che si forma nel foco della lente cilindrica; e per tal modo è certo che quando quella linea è visibile, essa è sempre nella stessa posizione relativamente al prisma.

Per mezzo dei manubri *a* e *b* si pone una stella nel centro del cercatore *c*, il quale è situato in modo che quando la stella corrisponde al suo centro, la linea lucida che si forma nel foco della lente cilindrica corrisponde esattamente colla fenditura che le è contigua, e dopo di ciò basta muovere soltanto il manubrio *a* per tener dietro alla stella, e mantenerla sempre in tal posizione da poterne comodamente osservare lo spettro.

Durante il giorno osservavo con questo apparecchio lo spettro solare; per il che ponevo sopra la gran lente raccoglitrice un drappo tanto fitto, che lasciasse passare soltanto quella quantità di luce necessaria a comodamente osservare, e fissavo il prisma *p* in tal posizione che corrispondesse al minimo, per l'una o per l'altra delle strie dello spettro solare: e fissato convenientemente anche il cannocchialino *f*, muovevo la sbarra mobile del micrometro finchè con uno dei suoi lembi toccasse la stria messa al minimo e leggevo le divisioni corrispondenti della vite micrometrica *r*. Lasciando tutto nella medesima posizione che avevo così stabilmente fissata, la sera volgevo la gran lente verso le stelle di cui volevo studiare gli spettri, e per mezzo della vite micrometrica avevo subito le posizioni delle strie di quegli spettri, riferite alla posizione di quella stria

Digitized by Google

dello spettro solare che la mattina avevo osservata. Oltre alle posizioni delle strie degli spettri stellari, io ho cercato ancora di determinare i limiti estremi visibili nei vari spettri; e dietro le ottenute misure ho disegnato gli spettri delle varie stelle, riferendoli a quello del sole, come si vedono nella Tavola che trovasi in fine della presente Memoria. I due spettri solari, l'uno in cima e l'altro in fondo della detta Tavola, sono come le coordinate a cui sono riferiti gli spettri delle varie stelle. Le strie stellari le ho notate colle lettere greche α, β e γ, denotando con α la prima stria verso la parte meno rifratta dello spettro, con β la seconda stria, e con γ la terza. Le strie che si vedono disegnate in questa Tavola, ma che non son distinte con lettere, sono quelle la posizione delle quali non è misurata, ma semplicemente stimata a occhio; perchè troppo sottili e difficilissime a vedersi. Ho disposto in differenti gruppi gli spettri corrispondenti alle stelle di differente colore; e in ciascun gruppo ho sempre messo pel primo, quello spettro in cui le strie appariscono le più cospicue che in tutti gli altri spettri dello stesso gruppo; per secondo, quello spettro che in quanto a bellezza di strie succede immediatamente al primo; e così progressivamente fino all'ultimo spettro, che è quello in cui le strie sono le meno cospicue che in tutti gli altri spettri del gruppo stesso (1). Dalla inspezione della Tavola sembra resultare che le strie degli spettri stellari siano in una certa relazione col colore corrispondente alle varie stelle. Le stelle bianche hanno strie che si rassomigliano fra di loro, e lo stesso accade per le stelle gialle, le arancione e le rosse. Si vede pure che molta diversità esiste fra i limiti entro cui sono comprese le estremità dei vari spettri. Così, per esempio, negli spettri delle tre stelle gialle da me osservate, l'estremo più rifratto raggiunge in tutti quasi lo stesso limite, e molta differenza esiste fra i limiti del loro estremo meno rifratto; laddove per gli spettri delle tre stelle rosse accade il contrario, cioè sono limitati quasi egualmente nella parte meno rifratta, e di-

(1) Nel classare le stelle per colori mi son valso delle indicazioni date da Humboldt nel suo *Cosmos*, e da Schmidt nell'*Astronomische Nachrichten*.

Digitized by Google

sugualmente nella parte più rifratta. Vero è però che le misure di questi estremi (e specialmente di quello più rifratto) sono incertissime di per sè stesse, e devono ancora dipendere dalla natura del cristallo delle varie lenti e del prisma, ed anche dall'occhio dell'osservatore. Io non insisto però nel far notare tutto quello che può esser soggetto di studio in questa maniera di osservazioni; perchè il principale scopo di questa Memoria è di offrire i risultamenti principali ottenuti, per far vedere di quale importanza possano essere; serbandomi poi a ritornare con più estensione sopra la discussione dei medesimi, dopo di aver forse adoperati mezzi più potenti di quelli di cui mi sono servito, e di avere anche introdotto delle modificazioni e dei cambiamenti nel modo di sperimentare (1). Il prisma di cui mi sono servito è di flint, ed ha un angolo rifrangente di 60° 52′ 39″. L'angolo di rifrazione della stria D dello spettro solare, cioè l'angolo che il raggio rifratto corrispondente alla detta stria D fa col raggio incidente, è di 49° 55′ 5″. Gli angoli compresi fra le diverse strie dello spettro solare ottenuto col prisma suddetto sono i seguenti:

$$
\begin{aligned}
(B\ C) &= 0^\circ\ 10'\ 57'' \\
(C\ D) &= 0\ 30\ 35 \\
(D\ E) &= 0\ 40\ 41 \\
(E\ b) &= 0\ \ 7\ 45 \\
(b\ F) &= 0\ 29\ 16 \\
(F\ G) &= 1\ 12\ \ 9 \\
(G\ H) &= 1\ \ 5\ 56
\end{aligned}
$$

Tutti gli angoli surriferiti sono stati da me determinati col teodolite e nei modi consueti, con la maggiore accuratezza

(1) Il Prof. Amici, per rendere queste osservazioni più comode (facendo sì che più facile sia il puntare alle stelle) ha ora costruito un prisma che offre grandissima dispersione senza deviare l'asse di visione: questo prisma si compone di tre prismi, due dei quali di *crown-glass*, che ne comprendono in mezzo un terzo di *boro-silicato* di piombo. Se con questo prisma si guarda direttamente una fessura o linea luminosa, la luce si vede decomposta, e lo spettro presenta le medesime strie che appariscono attraverso un prisma semplice di *flint-glass*.

Digitized by Google

possibile. Il passo della vite micrometrica r è di 11' 5"; e poichè la testa della vite è divisa in cento parti, ogni divisione della vite corrisponde a 6", 65. La barra mobile del micrometro era assai larga, affine di poterla vedere senza bisogno d'illuminare il campo del cannocchiale, e le osservazioni le facevo ponendo sempre il medesimo lembo di essa in contatto colle strie che misuravo. Le osservazioni relative a ciascuna stella le ho fatte quando quella stella era prossima al meridiano, perchè le strie sono allora definite meglio che quando la stella è bassa. Non si creda però che le strie di una stella cambino col cambiare dell'altezza di essa; ma lo scintillamento delle stelle prossime all'orizzonte disturba, come è naturale, la nettezza dello spettro. Durante le osservazioni cercavo di stare al bujo il più completamente possibile; e non leggevo io, ma facevo leggere le divisioni della vite micrometrica, poichè quando l'occhio era affaticato, anche dalla fioca luce di una lanterna, non scorgeva quasi più le debolissime strie delle stelle. Nelle nottate in cui vi era o della nebbia o il chiaro della luna, le osservazioni erano incerte e talvolta assolutamente impossibili.

Sebbene la lente condensatrice da me adoperata non fosse acromatica, pure, riguardando direttamente col cannocchiale la fenditura rischiarata dai raggi raccolti dalla lente cilindrica, appariva perfettamente bianca e senza colori laterali percettibili.

Le misure da me ottenute che qui appresso mi faccio a trascrivere sono le medie di molte osservazioni e sono disposte nel modo seguente. Per ciascuna stella vien data la posizione della sua stria α riferita alla stria F del sole. Così, ad esempio, per Sirio la notazione $\alpha = F\,\Theta - 15''$ significa che la stria α di questa stella è rifratta 15" meno di quello che non lo sia la stria F del sole; e per la Wega, $\alpha = F\,\Theta + 40''$ sta ad indicare che la stria α di questa stella ha una rifrazione 40" maggiore di quella corrispondente alla stria F solare. La notazione $(r\,\alpha)$ sta ad indicare l'angolo compreso fra l'estremità meno rifratta di ciascuno spettro stellare, e la stria α corrispondente a quello spettro; la notazione $(\alpha\,\beta)$ indica l'angolo compreso fra le due strie α e β; e parimente $(\beta\,\gamma)$ significa l'angolo di cui sono distanti le due strie β e γ. Le notazioni $(\alpha\,\upsilon)$, $(\beta\,\upsilon)$, $(\gamma\,\upsilon)$ stanno a rappresentare le distanze angolari

Digitized by Google

che passano o fra la stria α, o la β, o la γ, e l'estremità più rifratta dello spettro corrispondente. Di ciascuna stria è data nella colonna delle *note* una breve descrizione, ed anche la larghezza, come io l'ho stimata ad occhio, riferendola alla larghezza delle barre del micrometro. È necessario notare ancora che gli angoli, come vengono qui di seguito registrati, non corrispondono già alla parte centrale delle strie ma al lembo meno rifratto di esse, al qual lembo io collimavo sempre colla barra mobile del micrometro. Così, per esempio, si trova che la α di Sirio è rifratta meno 15″ della F del sole; ma poichè la larghezza di detta stria α è di 50″ la parte centrale di detta stria sarà rifratta 10″ più della linea F del Sole. Parimente la α della Wega, che è rifratta 40″ più della F del Sole, poichè ha una larghezza di 40″, sarà nella sua parte centrale rifratta 60″ più della stria F solare. Dopo questi schiarimenti resta facile l'intendere la seguente tabella.

(*continua*)

Digitized by Google

FATTI PER SERVIRE ALLA STORIA DE' FLUORURI;
PER A. BORODIN.

Il fluore è uno degli elementi, che offre le più grandi particolarità ne' caratteri fisici e chimici de' suoi composti. Ciò si osserva specialmente per l'acido idrofluorico, il quale possiede una straordinaria tendenza ad unirsi a tutti gli altri fluoruri minerali. Cogli uni, come i fluoruri metallici, esso forma de' sali acidi; cogli altri, come il fluoruro di silicio o di boro, forma acidi energici.

Alcuni de' sali acidi sono dotati di una stabilità così grande che talvolta occorre la temperatura del calor rosso per scacciare le ultime traccie dell' acido idrofluorico.

Tutti i fluoruri minerali, godono pure della proprietà di unirsi tra loro o cogli altri sali per formare sali doppi con tanta facilità che talvolta è molto difficile di ottenere un fluoruro puro per via della doppia scomposizione. Questa proprietà deve dipendere unicamente dalla funzione chimica del fluore, perchè si osserva senza eccezione in tutti i fluoruri minerali, qualunque sia l'atomicità e la natura dell' altro elemento combinato al fluore; così questa proprietà è manifestissima ne' fluoruri a elementi monoatomi, tali che Il, K, Na ec. di cui i cloruri, nitrati ec. per esempio, non hanno punto tale tendenza ad unirsi. Se i cloruri, bromuri e ioduri monoatomici si uniscono a certi altri composti, ciò dipende al solito dalla natura poliatomica di questi ultimi. Le combinazioni tra i cloruri, bromuri e ioduri monoatomici, sono rarissime, si formano più o meno difficilmente e sono per lo più instabili.

I cloruri metallici che hanno *in se stessi* la tendenza a formare composti doppi, devono sempre questa proprietà alla natura poliatomica del metallo; tali sono i cloruri di platino, mercurio ec.

Il fluoruro di potassio offre ancora un' altra particolarità: esso possiede una reazione fortemente alcalina. Berzelius asse-

Digitized by Google

risce (1) che « se ad una soluzione concentrata di fluoruro di potassio si mescola acido acetico in quantità sufficiente per toglierne la reazione alcalina, il miscuglio evaporato a secco ad un debole calore, fornisce un sale, la di cui soluzione concentrata è neutra; ma il sale diviene subito acido, quando si mette in molta acqua, rendendosi libero dell' acido acetico. Sottomesso alla distillazione, il sale fornisce anche acido acetico, lasciando del fluoruro di potassio ».

L' acido silicico anidro fuso col fluoruro di potassio fornisce un vetro fusibilissimo e deliquescente; il quale vien decomposto dall' acqua ne' corpi che servirono alla sua produzione. Col fluoruro di sodio si ottiene nelle medesime condizioni un vetro che fonde ad una temperatura molto più bassa di quella a cui fonde il solo fluoruro.

Si potrebbe quindi ritenere che i fluoruri si unissero agli acidi ed anche agli acidi anidri.

Volendo spiegare questa straordinaria tendenza de' fluoruri monatomici a formare dei composti doppi secondo le dottrine della teoria molecolare il di cui ultimo sviluppo è dovuto principalmente alle considerazioni ingegnose del Prof. Cannizzaro, non si possono fare che due supposizioni:

1ª. Che un fluoruro monoatomico acido o doppio, sia una *molecola chimica* comparabile alle altre *molecole gassose* a 2 vol. come quelle dei solfati acidi e doppi ec.

2ª. Che un tale fluoruro sia anzi una *particola solida* o *liquida* non comparabile alle molecole gassose: come saranno i composti contenenti dell' acqua o dell' alcole di cristallizzazione, i sali detti *acidi* di acidi monobasici: biacetato, bibenzoato, quadristearato di potassio ec.

Partendo dalla prima supposizione bisognerebbe considerare l' acido idrofluorico come *bibasico* come gli acidi solforico, succinico ec. Quindi bisognerebbe raddoppiare la sua formola. Il fluore sarebbe allora un *radicale diatomico* equivalente all'ossigeno, al solfo ec.; il suo peso atomico sarebbe $= 2 \times 19$. Ma allora occorrerebbe anche che la densità de' vapori de' fluoruri volatili fosse doppia di quella che fu osservata, e che i fluoruri fossero isomorfi co' solfuri e non co' cloruri.

(1) Berzelius, *Traité de chimie*. Bruxelles, 1838 T. I. pag. 553.

Digitized by Google

Il fluore presenterebbe dunque una eccezione straordinaria alle leggi generali della chimica odierna.

Ammettendo la seconda supposizione, non vi ha più disaccordo tra le proprietà fisiche e chimiche del fluore e de' fluoruri.

In questo caso i fluoruri monoatomici, doppii od acidi non sarebbero punto *distillabili*, oppure essendolo il loro volume gassoso sarebbe doppio di quello che hanno i fluoruri semplici e formerebbero allo stato gassoso un miscuglio de' vapori dei fluoruri semplici che costituivano la *particola*.

Questo ragionamento mi ha fatto intraprendere il seguente lavoro, di cui lo scopo è:

1°. Di stabilire il limite della tendenza de' fluoruri a formare composti doppi.

2°. Studiare sotto questo rapporto alcuni fluoruri monoatomici organici, tali che $\mathrm{C_4H_3Fl}$, $\mathrm{C_7H_5OFl}$ ec., per veder se questi godessero la stessa proprietà de' fluoruri minerali e nel qual caso vedere se fossero distillabili e determinarne il volume gassoso.

Allo scopo di assicurarmi se i fluoruri de' metalli monoatomici avessero la facoltà di unirsi ad altri acidi oltre all'acido idrofluorico, come si potrebbe presumere dal fatto citato da Berzelius, ho cominciato per prepararmi del fluoruro di potassio purissimo. Però ho saturato dell'acido idrofluorico col carbonato di potassio purissimo. La soluzione, mescolata con una quantità d'acido uguale alla prima, fu evaporata fino a cristallizzazione. Il fluoruro acido di potassio purificato con parecchie cristallizzazioni, venne fuso finchè non dava più vapori di acido idrofluorico. Tutte le operazioni furono fatte in vasi di platino.

Una soluzione di questo fluoruro mescolata coll'acido acetico allungato, coll'evaporazione depose un sale cristallino il quale colla calcinazione abbandonava dell'acido idrofluorico lasciando per residuo del fluoruro di potassio puro.

1°. $0^{gr},671$ del sale cristallino hanno dato $0^{gr},500$ di fluoruro neutro.

2°. $0^{gr},8375$ bruciati coll'ossido di rame hanno dato $0^{gr},109$ d'acqua e $0^{gr},000$ d'acido carbonico.

I risultamenti tradotti in centesimi conducono alla formola: FlK, FlH.

Digitized by Google

	Teoria	*Esperienza*
Fl K	74,35 %	74,52 %
H	1,28 %	1,43 %.

Un eguale miscuglio di acido acetico e fluoruro di potassio evaporato sopra l' acido solforico alla temperatura ordinaria deponeva de' cristalli simili; essi hanno dato 74,51 % di Fl K colla calcinazione.

Una soluzione concentratissima di fluoruro di potassio addizionata di acido acetico glaciale depone subito un precipitato di fluoruro acido, pochissimo solubile nella soluzione di acetato di potassio che si forma in queste condizioni.

$0^{gr},585$ del precipitato lavato leggermente coll' alcole assoluto per togliere ogni traccia d' acetato di potassio e disseccato hanno dato $0^{gr},436$ di Fl K colla calcinazione, cioè 74,52 %.

Ripetendo l' esperienza di Berzelius e neutralizzando esattamente una soluzione concentrata del fluoruro, e evaporando il miscuglio a secco a 40° o 45° ho ottenuto una massa salina che, trattata con pochissima acqua così che la maggior parte rimanesse indisciolta dava una soluzione quasi sciropposa e neutra; quando si metteva molta acqua per allungare la soluzione, essa presentava una reazione acida. Eppure questa massa salina era un miscuglio di acetato e di fluoruro acido di potassio, perchè, quando invece di evaporare la soluzione a secco si levavano a poco a poco i cristalli che si deponevano, si vedeva che i primi cristalli erano del fluoruro acido, poi un miscuglio di questo con acetato e finalmente acetato solo, il quale si scioglieva perfettamente nell'alcole assoluto; il sale ottenuto per l'evaporazione della soluzione alcolica non conteneva traccia del fluoruro.

L' istesso si ottiene quando l' evaporazione si fa alla temperatura ordinaria. Dunque non vi ha combinazione, ma una scomposizione secondo l' equazione:

$$\mathrm{C_2H_4O_2} + 2\mathrm{FlK} = \mathrm{FlK, FlH} + \mathrm{C_2H_3KO_2}.$$

Col fluoruro di sodio il risultamento è analogo al precedente. Ecco l' analisi de' cristalli formati in una soluzione del

Digitized by Google

fluoruro in acido acetico diluito, ed alla temperatura ordinaria: 0gr,220 di prodotto hanno dato colla calcinazione 0gr,147 di FlNa, cioè 66,81 %; la formola Fl_2NaH ne esige 67,74 %.

L'acido benzoico in soluzione acquosa non reagisce sul fluoruro di potassio. Una soluzione alcolica di quell'acido è precipitata da una soluzione del fluoruro nell'acqua. Il precipitato è cristallino, pochissimo solubile nell'alcole, non attira l'umidità e lascia colla calcinazione un miscuglio di carbonato e di fluoruro di potassio. 0gr,280 del precipitato asciugato fra carta sugante e disseccato, hanno dato colla calcinazione 0gr,096, cioè 34,29 % di residuo salino.

Un miscuglio di bibenzoato con fluoruro acido

$$C_7H_5KO_2 , C_7H_6O_2 + FlK, FlH$$

esige 35,28 %.

L'acido valerianico con una soluzione di fluoruro di potassio ha fornito cristalli che possedevano un forte odore di acido valerianico:

1°. 0gr,459 del prodotto hanno dato colla calcinazione, 0gr,123 di residuo cioè 26,80 %.

2°. 0gr,123 di quest'ultimo hanno dato 0gr,0155 cioè 12,61 % di acido carbonico. Esso conteneva dunque del carbonato proveniente dal valerianato.

Le acque madri hanno deposto cristalli più piccoli; 0gr,888 di questi ultimi hanno lasciato colla calcinazione 0gr,597 del residuo fisso cioè 67,23 %. Il residuo non conteneva quantità apprezzabili di carbonato e consisteva in fluoruro.

Tutti questi cristalli, erano di certo un miscuglio, e gli ultimi contenevan per la maggior parte del fluoruro acido di potassa.

Coll'acido citrico e fluoruro di potassio, in qualunque siasi proporzione e in qualunque siasi condizione di temperatura, si ottiene sempre una materia viscosa con cristalli indistinti solubilissima, che si rapprende coll'agitazione in una massa solida-cristallina. Questa massa è ancora un miscuglio di citrato con fluoruro acido.

Una soluzione alcolica di acido citrico si comporta come l'acquosa.

Digitized by Google

Il residuo salino che rimane dopo la calcinazione del prodotto cristallino è ricco in carbonato, come lo fanno vedere le determinazioni seguenti:

1°. 1gr,586 della materia (ottenuta con 1 eq. d'acido citrico su 3 eq. di fluoruro di potassio) mi hanno dato colla calcinazione, 0gr,642 di residuo cioè: 40,48 %.

0gr,642 di quest'ultimo hanno dato 0,084 di acido carbonico: cioè 13,09 %.

2°. 1gr,263 della materia (ottenuta con 1 eq. d'acido e 1 eq. del fluoruro) hanno dato 0gr,3225 cioè 25,54 % di residuo fisso, di cui 0gr,3225 hanno fornito 0gr,049 di acido carbonico, cioè: 15,19 % ec.

Evaporando un miscuglio di fluoruro di potassio con acido citrico (in soluzione acquosa) a bagno maria, si osserva uno sviluppo di vapore di acido idrofluorico; quindi pare che l'acido citrico non si fermi alla formazione del fluoruro acido ma scomponga anche una porzione di quest'ultimo.

L'acido ossalico in soluzione acquosa scompone subito il fluoruro di potassio; prima si depongono cristalli di biossalato poi un miscuglio di biossalato con fluoruro acido e finalmente fluoruro acido solo.

Ecco l'analisi di tre porzioni de' cristalli secondo l'ordine in cui essi si deponevano.

1°. 1gr,036 hanno dato colla calcinazione, 0,558 di residuo fisso cioè 53.86 %.

0gr,558 di residuo contenevano 0gr,177 d'acido carbonico, cioè 31,72 %.

$C_4KH\Theta_4$ esige 53,58 % di residuo fisso.
$CK_2\Theta_3$ esige 31,88 % d'acido carbonico.

2°. 1gr,298 hanno dato 0gr,782 di residuo, cioè 60,25%.

0gr,782 di residuo contenevano 0gr,065 di acido carbonico, cioè 8,31 %.

3°. 0gr,4435 hanno dato 0gr,324, cioè 73,06% di residuo fisso che non conteneva punto acido carbonico, essendo composto di fluoruro puro.

L'acido ossalico in soluzione alcolica forma col fluoruro di potassio anche del biossalato, che si precipita subito. 0gr,345

Digitized by Google

di precipitato lasciavano colla calcinazione 0gr,185, cioè 53,62% di carbonato di potassio puro.

L' acido tartarico in soluzione acquosa o alcolica si comporta verso il fluoruro come verso gli altri sali di potassio precipitando del bitartrato.

1°. 0gr,856 di precipitato ottenuto in soluzione acquosa hanno dato colla calcinazione, 0gr,312 di residuo cioè 36,45 %.

$C_4H_5KO_6$ esige 36,70 %.

0gr,704 del residuo contenevano 0gr,220 cioè 31,25 % di acido carbonico.

2°. 0gr,783 di precipitato formato in soluzione alcolica hanno dato 0gr,286 di carbonato, cioè 36,53 %.

Dunque tutti questi acidi scompongono il fluoruro di potassio formando del fluoruro acido di potassio senza combinarsi come fa l' acido idrofluorico al fluoruro neutro.

Ho provato il solo acido citraconito anidro il quale non si univa nè al fluoruro di potassio nè a quello di sodio, dopo di che non ho fatto altre esperienze con acidi anidri.

Tra i fluoruri organici monoatomici ne ho scelti due per le mie esperienze: l' uno a radicale *acido*, il fluoruro di benzoile (che non era ancora conosciuto) l' altro, a radicale *metallico*, quello di metile.

Se questi corpi avessero ancora la facoltà di unirsi a' fluoruri monoatomici, come lo fanno i fluoruri minerali, vi dovrebbe nascere una serie di corpi che presenterebbero la composizione elementare de' composti benzoici e metilici ossigenati $-O$ e $+2Fl$.

C_7H_5OFl, FlH cioè $C_7H_6O_2 - O + 2Fl$
ac. benzoico

C_7H_5OFl, FlK — $C_7H_5KO_2 - O + 2Fl$
benzoato di potassio

C_7H_5OFl, CH_3Fl — $C_7H_5(CH_3)O_2 - O + 2FlH$.
benzoato di metile

ec.

Digitized by Google

La capacità di saturazione di questi composti sarebbe ancora la stessa de' benzoati. Ma qui finirebbe anche l'analogia; perchè, mentre che la formola degli ultimi rappresenta una molecola, quella de' primi rappresenterebbe anzi una *particola solida* o *liquida;* la formola de' benzoati volatili corrisponderebbe dunque a 2 volumi gassosi mentre che la formola degli ultimi corpi a 4 volumi.

Il cloruro di benzoile reagisce poco sul fluoruro di sodio; un miscuglio de' due corpi riscaldato a 160° o 200° durante 48 ore, conteneva ancora più della metà del cloruro benzoico indecomposto.

Il modo più comodo di preparare il fluoruro di benzoile, consiste nel mescolare in una storta di platino del cloruro di benzoile con un poco più di un equivalente di fluoruro acido di potassio, polverizzato finamente e perfettamente secco. La storta essendo messa in comunicazione con un refrigerante di piombo o di platino, è riscaldata a poco a poco per mezzo di una lampada ad alcole. La reazione si manifesta per uno sviluppo di vapori spessi d'acido idrofluorico. La reazione procede con calma. Quando cessano i vapori di acido idrofluorico, è segno che la reazione è terminata, si aggiusta un recipiente di platino e si distilla. Il prodotto bruto vien nuovamente distillato in un apparecchio di platino di cui la storta è tubulata; per la qual tubulatura passa un tubicino di platino chiuso nella parte inferiore; questo tubicino contiene un termometro per osservare la temperatura de' vapori. Ho trovato, dietro una serie d'esperienze comparative, che questo tubicino non ha una influenza sensibile sulle indicazioni assolute del termometro. La parte che distilla tra 155° e 162° costituisce il fluoruro di benzoile quasi puro. Per averlo purissimo bisogna ridistillarlo, mettendo a parte le prime e le ultime porzioni che passano alla distillazione. La reazione si esprime coll'equazione:

$$\mathrm{C_7H_5OCl + FlK, FlH = C_7H_5OFl + ClK + FlH}.$$

Quando gli apparecchi chiudono ermeticamente la quantità del prodotto è quasi la teoretica.

1°. $0^{gr},3445$ del prodotto hanno dato $0^{gr},856$ d'acido carbonico; (l'idrogeno non fu determinato).

Digitized by Google

2°. 0gr,3015 hanno dato 0gr,122 d'acqua e 0,739 d'acido carbonico. Questi risultamenti tradotti in proporzioni centesimali conducono alla formola C_7H_5OFl:

	Teoria	*Esperienza*	
		I	II
C	67,74 %	67,77 %	66,85 %
H	4,03 %		4,31 %.

Il fluoruro di benzoile costituisce un liquido oleoso, incoloro, più denso dell'acqua, di un odore ancora più irritante di quello del cloruro. Allo stato di purezza assoluta esso non attacca che pochissimo il cristallo. Ciò non ostante non si può determinare la densità nè del vapore nè del liquido in apparecchi di vetro. Esso bolle a 161°,5 (temperatura corretta) alla pressione di 745mm.

Il fluoruro di benzoile si comporta cogli agenti chimici in un modo analogo al cloruro di benzoile: si scioglie nell'etere, senza scomporsi, coll'acqua produce dell'acido idrofluorico e dell'acido benzoico, colla potassa forma del benzoato e del fluoruro, coll'alcole dell'etere benzoico, coll'ammoniaca della benzamide ec.

Non mi è riuscito combinarlo agli altri fluoruri nè direttamente nè indirettamente.

La mancanza di successo mi ha fatto rinunziare ugualmente a tentare di simili combinazioni col fluoruro di metile. Questi risultati perchè negativi mentre non possono provare definitivamente impossibili tali composti, ne rendono però molto problematica la loro esistenza.

Ecco come credo poter riepilogare queste osservazioni:

1°. La tendenza de' fluoruri monoatomici a formare composti doppi si limita alla formazione de' fluoruri acidi minerali, e de' sali doppi.

2°. I fluoruri monoatomici minerali non si combinano cogli altri acidi oltre all'acido idrofluorico.

3°. I fluoruri di potassio e di sodio hanno una tale tendenza a passare allo stato di fluoruro acido, che essi cedono con la più grande facilità la metà del metallo a tutti gli acidi, siano questi ultimi ancora i più deboli.

Digitized by Google

4°. Comparando i caratteri fisici e chimici de' fluoruri e cloruri corrispondenti, si vede che tra' loro derivati organici, vi è più analogia che tra i derivati minerali; il fluoruro di benzoile e quello di metile si comportano sempre precisamente come i cloruri di questi radicali, mentre che il fluoruro di silicio e quello di potassio o di sodio si comportano in più casi differentemente de' cloruri corrispondenti.

5°. Le formole de' fluoruri semplici e doppi non sono comparabili perchè le une corrispondono ad una *molecola gassosa* a 2 volumi e le altre ad una *particola solida* o *liquida* come quella de' corpi contenenti dell' acqua o dell' alcole di cristallizzazione ec.

6°. L' acido idrofluorico presenta dunque la stessa particolarità dell' acqua. L' uno e l' altra si uniscono di preferenza a' composti minerali, salini, fissi, formando una *particola solida* o *liquida*; e non hanno tendenza ad unirsi a' composti volatili organici, eteri ec. Difatti tutti i composti contenenti acqua di cristallizzazione e quelli contenenti acido idrofluorico si scompongono col calore.

FATTI PER SERVIRE ALLA STORIA DI BENZILE; PER A. BORODIN.

Trai corpi organici ve ne sono alcuni che hanno la facoltà di unirsi alla potassa, formando un sale di cui l' acido presenta la composizione del corpo organico primitivo $+ H_2\Theta$; tali sono l' ossido di carbonio, il benzile, l' isatina ec.

Sostituendo alla potassa un alcolato di potassio, dovrebbero nascere una serie di acidi omologhi monobasici.

L' ossido di carbonio sarebbe il punto di partenza per la serie degli acidi grassi; Berthelot ha realizzato la sintesi dell' acido formico, facendo reagire l' ossido di carbonio sulla potassa, e l' acido propionico sostituendo alla potassa l' etilato di

Digitized by Google

sodio. Io cercava di ottenere una serie di acidi omologhi di cui il primo termine fosse l'acido benzilico, facendo agire il benzile sopra gli alcolati.

Ho preferito l'amilato all'etilato di sodio per la maggior facilità di preparazione e per il suo peso molecolare più forte.

Il benzile non reagisce sull'amilato di sodio alla temperatura ordinaria. Col calore il benzile si scioglie in una soluzione di amilato nell'alcole amilico; la soluzione si tinge in bruno quasi nero, e s'inspessisce molto, poi si scolora completamente deponendo cristalli.

Il miscuglio addizionato con acqua e saturato con acido carbonico viene evaporato a secco col bagno maria. Il residuo salino trattato coll'acqua si scioglie lasciando un poco di benzile ed un corpo aromatico. La soluzione acquosa, precipitata con acido idroclorico fornisce un acido organico il quale trattato colla potassa produce un sale che ha tutte le proprietà e la composizione del benzilato.

$0^{gr},577$ del sale disseccato a 120° hanno dato colla calcinazione $0^{gr},148$ di carbonato di potassa, cioè 25,65 %.

$C_{14}H_{11}KO_3$	esige	25,94 %
$C_{19}H_{21}KO_3$	—	20,54 %.

Forse la formazione dell'acido benzilico dipendeva dalla traccia di soda che conteneva l'amilato malgrado tutte le precauzioni.

Queste ricerche e quelle relative ai fluoruri sono state fatte nel Laboratorio di chimica dell'Università di Pisa. Io mi sento felicissimo avendo qui l'occasione di ringraziare vivamente i signori Professori De Luca e Tassinari, che ebbero la gentilezza di mettere a mia disposizione il loro Laboratorio.

Digitized by Google

SULL'AZIONE DELLO ZINCOETILE SUL CLOROIDOFORME; PER A. BORODIN.

Cercando un metodo razionale per realizzare la sintesi dei radicali dei corpi a radicali isomeri, ho provato un anno fa al Laboratorio del sig. Dott. Erlenmeyer a Heidelberg l'azione dello zincoetile sul bromoiodoforme per vedere se si formava la reazione seguente:

$$(\dot{C}_2H_5)'_2\text{-}Z\text{-}n'' + 2\left[(\dot{C}H)''' ICl_2\right] = I_2\text{-}Z\text{-}n'' + 2\left((\dot{C}H)'''(\dot{C}_2H_5)'Cl_2\right)$$

il resto $(\dot{C}H)'''(\dot{C}^2H^5)$ potrebbe funzionare come un radicale biatomico isomero del propilene. Volevo preferire il bromoiodoforme al cloroiodoforme perchè il primo è riputato più stabile, ma non mi è riuscito in nessun modo a ottenere questo composto; il prodotto che si formava seguendo il metodo di preparazione del bromoiodoforme era sempre del bromoforme. Però sono stato obbligato di ricorrere al cloroiodoforme, il quale molto facilmente ho preparato col metodo seguente:

Si distilla a secco un miscuglio di 2 equivalenti di bicloruro di mercurio con 1 equivalente di iodoforme, perfettamente disseccato. È bene di non prendere più di 30 o 40 gr. di iodoforme per una operazione. Il prodotto bruto, dopo una digestione col cloruro di calcio fuso, è scolorito per agitazione col mercurio, e distillato in una atmosfera d'acido carbonico. La parte che passa verso 131° costituisce il prodotto puro.

0^{gr},6515 del prodotto hanno dato 0^{gr},3892 d'iodo, cioè 59,73 $\frac{0}{0}$.

$\dot{C}HCl_2I$ esige 60,18 $\frac{0}{0}$ d'iodo (1).

(1) La determinazione era fatta così: la materia, pesata in un'ampollina, era introdotta in un tubo contenente una soluzione alcolica di potassa. Il tubo essendo chiuso alla lampada, l'ampollina era rotta per mezzo d'una scossa. La scomposizione si faceva subito, ma per più sicurezza si manteneva il tubo per due ore alla temperatura di 100°. L'iodo era determinato col cloruro di palladio.

Digitized by Google

Il cloroiodoforme è un liquido incoloro, che si colorisce subito al contatto dell'aria, mettendo in libertà dell'iodo. Esso ha un sapore che rammenta quello del cloroforme; ed anche l'odore assomiglia a quello di quest' ultimo, ma nel medesimo tempo è soffocante e provoca la tosse. Bolle a 131° (temperatura corretta e ridotta alla pressione di 760mm.) La densità a 0° è = 2,454; a 21,5° è = 2,403.

Esso si scioglie pochissimo nell' acqua e in tutte le proporzioni nell'alcole ed etere. La potassa acquosa lo scompone a poco a poco in cloruro, ioduro e formiato; colla potassa alcolica la scomposizione è istantanea.

La reazione del cloroiodoforme sullo zincoetile è violentissima: ogni gocciola produce una effervescenza accompagnata da una elevazione di temperatura considerevole. Per aver la reazione più calma bisogna lasciare cadere il cloroiodoforme, gocciola per gocciola in una soluzione eterea di zincoetile raffreddata. Il cloroiodoforme si scompone completamente; i prodotti della reazione sono: un miscuglio gassoso, cloruro e ioduro di zinco, senza prodotti accessorii.

Il gas è assorbito per la più gran parte dal bromo producendo unicamente del bromuro di etilene. Non ho potuto trovarvi nessun altra sostanza. La parte molto minore non assorbita dal bromo, pareva esser un miscuglio d'idrogeno ed etile.

L'etilene formava dunque il prodotto principale della reazione e la sua formazione si spiegherebbe così: lo zincoetile sotto l'influenza del cloroiodoforme si scinde in etilene, zinco, ed idrogeno, che si unisce al radicale $\dot{C}H''$ per formare $\dot{C}H''_2$ (metilene) il quale, non esistendo allo stato libero (1), si raddoppia per formare dell'etilene. La reazione si esprimerebbe dunque colle equazioni:

$$3\left[\dot{C}_2H_5)_2\text{-}\dot{Z}\text{-}n''\right] + 2(\dot{C}HCl_2I) = 2Cl_2\text{-}\dot{Z}\text{-}n'' + I_2\text{-}Z\text{-}n'' + 7\dot{C}_2H_4 + 2H_2.$$

$$3\left[\dot{C}_2H_5)_2\text{-}\dot{Z}\text{-}n''\right] + 2(\dot{C}HCl_2I) = 2Cl_2\text{-}\dot{Z}\text{-}n'' + I_2\text{-}\dot{Z}\text{-}n'' + 2(\dot{C}_2H_5)_2 + 3\dot{C}_2H_4.$$

(1) Boutlerow ha fatto molte esperienze per isolare questo gaz, ma invece di metilene otteneva sempre dell' etilene. (*Repert. de chimie* T. I. pag. 507).

Digitized by Google

Pare che i derivati del radicale $(\text{C}\,\text{H})'''$ hanno la tendenza generale a toglier dell' idrogeno al radicale $(\text{C}_2\text{H}_5)'$ per passare al $(\text{C}\,\text{H}_2)''$ perchè l' istesso fenomeno si osserva anche nella reazione del $(\text{C}\,\text{H})'''\text{I}_3$ sul $(\text{C}_2\text{H}_5)'\text{Na}, \text{O}$, producendo l' ioduro di metilene $(\text{C}\,\text{H}_2)''\text{I}_2$ (1).

La formazione dell' etilene tra i prodotti di scomposizione dello zincoetile non è un fatto eccezionale. Ma per realizzare una simile scomposizione occorreva sempre il concorso del calore, e così le condizioni s' avvicinavano a quelle della distruzione del corpo per l' effetto del calore; mentre che la reazione sopracitata è interessante precisamente per avvenire per semplice gioco delle affinità chimiche.

È conosciuto che i derivati degli alcoli omologhi $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ presentan due serie di reazioni una delle quali è sempre citata in favore della *teoria dell' etilene* o *della addizione diretta* (la sintesi dell' alcoli e degli eteri cloridrici, bromidrici, iodidrici per mezzo dell' etilene, la formazione di quest' ultimo coll' alcole, la scomposizione dell' etere cloridrico in etilene ed acido idroclorico, ec.); l' altra serie viene ad appoggiare la teoria dell' etile *e delle sostituzioni* (formazione degli eteri semplici, composti, misti, degli alcaloidi, sostituzioni numerosissime ec.). Lo zincoetile, essendo un derivato dell' alcole, presenta anche esso due serie di reazioni, di cui l' una entra nel sistema dell' *etilene* (la reazione sopracitata, la scomposizione pel calore); l' altra nel sistema dell' *etile* (l' azione sull' ioduro d' etile, gli eteri benzoico, acetico ec.).

Le formole razionali dello zincoetile per questi due modi di comportarsi saranno:

$$(\text{C}_2\text{H}_4)'' \left\{ \begin{matrix} \text{H} \\ \text{-Z-n}'' \\ \text{H} \end{matrix} \right. \qquad \text{e} \qquad \left. \begin{matrix} (\text{C}_2\text{H}_5)' \\ (\text{C}_2\text{H}_5)' \end{matrix} \right\} \text{-Z-n}''.$$

Vi sono alçuni chimici a cui dispiace rappresentare lo stesso corpo con due formole differenti. Senza dubbio è a desiderarsi di poter giungere ad esprimere con una sola formola

(1) Boutlierow, *Ann. de chimie et de Physique* LXIII, 313.

Digitized by Google

tutte le funzioni chimiche di un corpo, ma fin ora simili formole o sono troppo complicate oppure tanto semplici che si confondono quasi colle formole brute nelle quali non si vede che la relazione aritmetica ma non le funzioni chimiche de' corpi.

SUI CRISTALLI AGHIFORMI DI EMATINA; DI E. OEHL, PROFESSORE STR. DI FISIOLOGIA SPERIMENTALE E DI LITOLOGIA ALL' UNIVERSITA' DI PAVIA.

Nel corso dell' inverno io preparava nell' Istituto fisiologico di questa Università i cristalli di ematina coi metodi conosciuti a scopo di dimostrazione scolastica. Avendo perciò predisposti dei saggi tanto di sangue umano, che di coniglio, di cavi e di sorcio, non fui poco meravigliato di riscontrarvi in prevalenza (specialmente pel sangue di sorcio e di cavia) delle forme le quali, benchè incidentalmente menzionate e rappresentate da Funke non lo sono però in maniera da venirne loro in alcune circostanze quel carattere di prevalenza, sul quale intendo appunto di richiamare ora l' attenzione.

È noto infatti come Lehmann riduca le forme dell'ematocristallina alla prismatica, alla tetraedrica ed a quella di tavole esagonali. Di queste forme la prima apparterrebbe all'uomo ed alla massima parte dei mammiferi e dei pesci, la seconda ad alcuni rosicchianti, fra cui specialmente le cavie, i ratti ed i sorci, la terza sarebbe stata riscontrata fino ad ora soltanto negli scoiattoli (1).

A tale proposito devo prima di tutto osservare come pei rosicchianti e specialmente pei sorci sia tanto comune la forma tetraedrica quanto lo è la prismatica per modo da non potersi assolutamente dire che in questi animali la forma tetraedrica sia la prevalente. Poichè se nella stagione invernale mi è av-

(1) Lehrbuch, der *Physical Chemie* 2. Auflage Erster Band pag. 364.

Digitized by Google

venuto di avere indubbiamente una prevalenza di quest' ultima forma sulla prismatica, mi avvenne per contrario nella stagione estiva di non poter ottenere una sola forma tetraedrica in mezzo ad una generale cristallizzazione prismatica.

E nemmeno mi posso sottoscrivere alla opinione di Funke il quale considera siccome derivanti dai sali disciolti nel siero le belle e grandi forme incolore che si vedono più raramente disperse nella disciolta ematina. Per mia parte debbo rifuggire da una tale opinione; prima di tutto perchè non si ottengono mai queste forme dalla sola evaporazione del siero di sangue, in secondo luogo perchè questi cristalli incolori presentano reazioni eguali a quelle dei cristalli colorati e specialmente sono rimarchevoli, come questi ultimi, per la loro grande deliquescenza. Per quanto risulta quindi dalle mie osservazioni non posso assolutamente su tale proposito opinare che ogni cristallo incoloro derivi dal siero non dal contenuto globulare. Questa dichiarazione potrà essere utile alla idea di Funke che il contenuto pigmentale e proteico dei globuli sia una sola sostanza, la quale non potrebbe quindi cristallizzare se non colorata, ma non è certamente in armonia col fatto, il quale ci dimostra come assoggettando del sangue al medesimo trattamento cui lo si assoggetta per ottenere i cristalli colorati, non rare volte si ottengono (anche per l'uomo) marcatissime forme tetraedriche e prismatiche, le quali benchè perfettamente incolore sono del resto eguali alle colorate e non sono riscontrabili nel residuo di spontanea evaporazione del siero del sangue.

Ritornando però all'argomento principale di questo scritto, basti gettare uno sguardo comparativo sulla qui annessa figura e sulle figure 2. e 3. della X. Tavola dell'Atlante di Funke (1) per accorgersi come una deposizione di cristalli aghiformi di ematina in tanta abbondanza e in tale modalità quale trovasi espressa nell'unito disegno non sia stata ancora nè osservata nè rappresentata.

Quando ha luogo la cristallizzazione aghiforme, il che avviene quasi sempre pel sorcio e per la cavia, inallora trovasi essa costantemente nella parte più periferica del preparato ove

(1) *Atlas d. Physiologischen Chemie* 2. Auflage Leipzig. 1858.

Digitized by Google

forma al dintorno della parte centrale un orlo più o meno completo di cristallizzazione aghiforme. In questo caso è facile accorgersi anche ad occhio nudo della presenza dei cristalli aghiformi, dall' apparenza finamente striata che assume la parte periferica del preparato. Il fatto del trovarsi i cristalli aghiformi verso gli orli del coprioggetto è dovuto alla circostanza che verso questi orli fluisce sempre (quando la goccia di sangue sia bene circoscritta ed abbia un po' evaporato) la parte più fluida della soluzione di ematina, in seno alla quale appunto, e non mai nelle zone rese purpuree da una forte concentrazione di questa sostanza, hanno luogo, o quanto meno sono visibili le cristallizzazioni aghiformi. Nelle anzidette zone purpuree sono in quella vece esclusivamente riscontrabili le forme tetraedriche.

Gli aghi di emato-cristallina sono sempre disposti per guisa da formare una specie di ventaglio avente il suo perno assai vicino all' orlo del coprioggetto e la sua parte espansa, formata dalla divergenza degli aghi, verso il centro del preparato. Avviene anzi assai di frequente che essendo assai vicini fra loro i ceppi di emanazione dei divergenti aghi s' incrocino nell' ulteriore loro decorso quelli dell' un ceppo con quelli dell' altro, formando così un graticcio ad angoli più o meno retti a seconda della direzione che avevano gl' incrociantisi aghi. Il campo del microscopio presentasi allora quasi fosse occupato da un micrometro all' obbiettivo. Come poi trovasi con verità rappresentato nel disegno, le forme tetraedriche, le quali s' aggirano in una seconda zona più rossa al dintorno del nucleo centrale del preparato (costituito questo nucleo centrale dai globuli sanguigni bianchi e rossi) si insinuano con piccolissimi e quasi invisibili cristalli nei più o meno ampli spazii lasciati dalla divergenza degli aghi, e non è raro anzi il caso di vedere arborescenti cristalli aghiformi portare a guisa di foglie delle piccole e assai scolorate forme tetraedriche. Non a caso usai le parole *arborescenti cristalli* poichè se si esaminano le produzioni aghiformi ad un conveniente ingrandimento (300 diam. circa) non è difficile accorgersi come gli aghi si suddividano per modo da emergere da un unico ago mettente al ceppo di ciascun gruppo cristallino un intiero sistema di secondarie ed anche di terziarie diramazioni, con una determinazione bifida

Digitized by Google

ed assai appuntata. Del resto questi aghi sono sempre rettilinei nel loro decorso e non è che nei rami secondarii che si osservano curve, le quali impartono al complesso del sistema una qualche rassomiglianza colle fibre di un tessuto elastico.

Quando le circostanze esterne non favoriscono la deposizione di cristalli aghiformi (deposizione che avviene più facilmente d' inverno) in allora si riscontrarono al loro posto delle più o meno grandi forme prismatiche disposte generalmente a palizzata, come sono rappresentate nel menzionato Atlante di Funke, ed è appunto nella stagione estiva che vidi nei sorci l'accennata forma prismatica prendere la prevalenza sugli aghi e la esclusività sulla forma tetraedrica.

I cristalli aghiformi di ematina presentano del resto le stesse reazioni che sono già note per le altre forme cristalline di questa sostanza, e sovrattutto si distinguono per la loro grandissima solubilità nell' acqua. Non li ho mai potuti osservare quando all' acqua con cui si diluisce il sangue aggiungeva qualche goccia di etere.

Pavia, 14 Giugno 1862.

Spiegazione delle Figure.

La *figura* 1. rappresenta i rapporti di ubicazione dei cristalli aghiformi, dei cristalli tetraedrici e dei globuli sanguigni al di sotto di un coprioggetto ingrandito all' incirca 50 volte.

La *figura* 2. rappresenta ad un forte ingrandimento le arborescenze dei cristalli aghiformi.

Digitized by Google

BOLIDE PASSATO SOPRA URBINO LA SERA DEL 4 GIUGNO 1862; PROF. A. SERPIERI DELLE S. P.

La sera del 4 corrente Giugno verso 8^{or} 30′ (1^{a}. civile) è passato in questa città un magnifico bolide, che fu veduto da un gran numero di cittadini e da moltisissime persone alla campagna. Moveva assai veloce da OSO a ENE, per linea prossimamente orizzontale; ed è realmente passato sopra la nostra città, come risulta dalle varie parallassi fra molte osservazioni. Splendeva di luce bianca vivissima, e produsse qui e nei dintorni una generale illuminazione, come di luna piena che escè improvvisa da denso strato di nubi. La figura era press' a poco circolare, di un diametro apparente di circa 30 centimetri. Oltrepassato il nostro zenit di circa 20°, si divise in più parti, e nell' atto stesso si spense.

Ma ciò che più ne sorprese fu la rimbombante detonazione che si sentì dopo un intervallo di circa due minuti primi. Fu un' esplosione più fragorosa che lo sparo di un cannone, scosse le invetriate delle case, spaventò dei cavalli che erano alla strada, e parve a moltissimi che facesse tremare la terra.

In Fermignano villaggio da noi distante circa sei miglia a sud, situato appiè di un monte che lo separa da Urbino fu pur veduta la meteora, e fu sentita la sua romorosa esplosione, che là pure lasciò maravigliati e stupiti gli abitanti.

È curioso che moltissimi, specialmente alla campagna, benchè distanti gli uni dagli altri di più miglia, sostengono concordemente che la meteora passò vicinissima a loro, non più lontana di pochi passi. Attribuisco questa illusione al vivo e crescente splendore dell' oggetto osservato.

Urbino, 11 Giugno 1862.

Digitized by Google

Continuazione delle Relazioni tra alcune proprietà termiche ed altre proprietà fisiche dei corpi; del Prof. G. CANTONI.

19. Or quando un corpo solido è scaldato sino alla rispettiva temperatura di fusione, mercè le calorie di fusibilità, perchè si compia in esso la mutazione dello stato fisico, devonsi comunicargli altresì le *calorie di fusione*, che così denomineremo le calorie richieste a liquefare l'unità di volume del solido, conservandolo alla temperatura di fusione.

Anche queste calorie le si sogliono riferire all'unità di peso d'ogni sostanza. Ciò sta bene quanto all'esattezza delle loro determinazioni sperimentali col mezzo dei calorimetri. Ma quando poi si vogliano mettere in chiaro le relazioni che sussistono tra le quantità di calore volute a liquefare i diversi solidi e le modificazioni nello stato di coerenza e di volume che accompagnano la liquefazione stessa, è indispensabile di riferire tali calorie ad eguali volumi de' solidi in atto di fondersi.

Determinate che siano le calorie l necessarie a fondere l'unità di peso del solido, ove si conoscano la densità relativa d a 0° ed il coefficiente medio δ della dilatazione cubica del solido stesso da 0° alla temperatura t di sua fusione, s'avranno le calorie di fusione l' dell'unità di volume del solido a t, mercè la (1) $l' = l \frac{d}{1 + \delta t}$.

Ed ecco codeste calorie, calcolate in base ai dati di Person per le calorie di fusione, ed a quelli di Kopp e di Billet per le dilatazioni dei corpi non metallici:

Metalli	*Densità*	$1 + \delta t$	*Calorie di fusione* a peso	*Calorie di fusione* a volume
Argento . . .	10,47	1,0600	21,1	208,1
Zinco	6,86	1,0369	28,1	186,1
Bismuto . . .	9,82	1,0107	12,6	123,1
Cadmio . . .	8,70	1,0302	13,6	114,7
Stagno. . . .	7,29	1,0160	14,3	102,3
Piombo. . . .	11,45	1,0290	5,37	59,8
Mercurio . . .	14,4	.....	2,84	40,9

Digitized by Google

Metalloidi	*Densità*	$1+\delta t$	*Calorie di fusione a peso*	*a volume*
Jodio	4,95	1,049	11,71	55,3
Bromo. . . .	3,19	.....	16,19	51,7
Solfo	2,07	1,096	9,37	18,1
Fosforo. . . .	1,77	1,016	5,03	8,8
Corpi composti				
Nitrato sodico .	2,20	.....	63,0	138,6
Fosfato sodico .	1,45	1,005	66,8	97,1
Cloruro calcico.	2,23	1,020	40,7	89,0
Nitrato potassico	1,72	.....	47,4	81,4
Ghiaccio . . .	0,918	.....	79,2	72,7
Naftalina . . .	1,051	.....	35,7	37,5
Cera d'api gialla	0,975	1,161	43,5	36,5

Quanto ai corpi indecomposti, chiaro emerge dal precedente quadro che le calorie di fusione dell'unità di volume, assai meglio di quelle relative all'unità di peso delle varie sostanze, corrispondono al lavoro meccanico necessario per vincere le diverse resistenze interne che s'oppongono alla loro liquefazione. E queste son varie. Per tutti i solidi c'è da vincere la coerenza, in relazione al diverso operare delle forze molecolari aggregative, poichè nel liquido la coerenza è minore che nel solido. Ne' corpi a struttura cristallina c'è da superare anche la resistenza opposta dalle loro molecole al ruotare le une su le altre: ed in questi, il più delle volte c'è da produrre una variazione assai sentita nelle distanze molecolari.

Però nei metalli a struttura uniforme la prima di codeste resistenze interne è la prevalente; trattandosi di renderne le particelle slegate fra loro in opposizione all'attrazione molecolare. E appunto pei metalli suindicati si rileva essere le calorie di fusione per eguali volumi tanto maggiori quant'è più grande la loro tenacità, ed in genere la loro coerenza relativa. Ma è da notare che la tenacità e la coerenza relativa di dati metalli ad alte temperature non tengono più quegli stessi rapporti che mostrano a bassa temperatura; massime se si confrontano metalli le cui temperature di fusione siano molto diverse. Pare che ne' metalli a struttura tal po' cristallina la coerenza dimi-

Digitized by Google

nuisca coll' aumentare della temperatura secondo una ragione meno rapida che ne' metalli a struttura uniforme. Tuttavia se si considera quelle che diremo *calorie totali di liquidità*, cioè se si sommano le *calorie di fusibilità* (trovate sopra) colle *calorie di fusione*, a parità di volume, pei diversi metalli, le si trovano ancor meglio proporzionali alla coerenza relativa dei metalli stessi valutata a basse temperature; poichè queste calorie totali rappresentano la somma di calore voluta a ridur liquidi i varii solidi, nel supposto che siano presi allo zero assoluto. Qualche cosa di analogo sussiste pei solidi indecomposti non metallici; ma in queste le altre resistenze interne di cui sopra hanno più sentita influenza, come ora diremo.

	Calorie di		
Metalli	*fusibil.*	*fusione*	*totali*
Argento . .	758	208	966
Zinco . . .	458	186	644
Cadmio . .	288	115	403
Stagno . .	208	102	310
Bismuto . .	162	123	285
Piombo (1).	213	60	273
Mercurio. .	106	41	147

	Calorie di		
Metalloidi	*fusibil.*	*fusione*	*totali*
Jodio. .	101	55	166
Solfo . .	137	18	155
Bromo .	67	52	119
Fosforo .	105	9	114

Nei corpi solidi non metallici, e massime in quelli, a struttura cristallina, la liquefazione va quasi sempre accompagnata da una notevole variazione di volume, indipendente da mutazione di temperatura, la quale è in più nel maggior numero dei casi, ma in alcuni è in meno. Ora è facile vedere che le calorie di fusione, dovendo rappresentare anche il lavoro corrispondente a questo spostamento molecolare, saranno maggiori dov' è maggiore la variazione stessa, qualunque poi ne sia il verso. Ecco alcuni confronti tolti dai dati di Kopp e di Billiet.

(1) Si noti, come s' accenna sopra, che, proporzionatamente alle calorie totali, le calorie di fusione sono in minor numero ne' metalli a struttura meglio uniforme, quali sono sovra tutti l' argento ed il piombo, che nol siano ne' metalli a struttura ineguale o cristallina, quali sono lo stagno, lo zinco e più ancora il bismuto. È dunque in quest' ultimi, pur scaldati alla temperatura di fusione, ancor rilevante l' azione delle forze aggregative molecolari.

Digitized by Google

	Calorie di fusione	*Variazione dell' unità di volume*		*Calorie di fusione a volume*	*Variazione dell' unità di volume*
Jodio. .	55,3	+ 0,2026	Acqua . . .	72,7	— 0,0909
Solfo. .	18,1	+ 0,0500	Cloruro calcico	89,0	+ 0,0961
Fosforo .	8,8	+ 0,0352	Fosfato sodico.	97,1	+ 0,0508
Bismuto.	123,0	— 0,0195?			

Nell' jodio, nel solfo e nel fosforo le calorie, di fusione hanno tal rapporto coll'aumento di volume verificantesi colla fusione stessa, che le si potrebbero dire rappresentative unicamente di codesto lavoro. Nel bismuto, come corpo metallico e cristallino, le calorie di fusione rappresentano in gran parte il lavoro voluto a vincere la residua azione delle forze molecolari di orientazione, dall'esercizio delle quali dipende anco l'aumento di volume offerto dal bismuto liquido nell'atto di solidarsi. Atrettanto dicasi per l'acqua, nella quale le forze d'orientazione ci si mostrarono già tanto efficaci fra 4° e 0°, che apportano un aumento di volume, pur col diminuire della temperatura. E questa dilatazione è assai più sentita lorchè l'acqua si solidifica. Pertanto anche le calorie di fusione del ghiaccio corrispondono al lavoro di una notevole contrazione, del pari che le calorie di temperatura per l'acqua liquida da 0° a 4° corrispondono ad una contrazione come è già stato detto.

Ma quando le molecole acquee si trovano congiunte ad altre eterogenee, anzichè aumento, v'è dimlnuzione di volume nell'atto della solidazione, benchè questa sia a forma cristallina. Il fosfato sodico che contiene 63 per cento di acqua, ed il cloruro calcico che ne contiene 49 per cento, si dilatano nel fondersi; epperò la dilatazione di queste sostanze giunge a mascherare la contrazione propria dell' acqua colla quale stanno unite. Laonde per queste sostanze le calorie di fusione corrispondono in parte ad un lavoro di dilatazione ed in altra maggior parte al vincere la loro coerenza, poichè questa e massime nei grossi cristalli di fosfato sodico, si manifesta assai maggiore che nel ghiaccio (1).

(1) Che le calorie di fusione delle sostanze poco tenaci corrispondano in parte almeno, al lavoro meccanico voluto a produrre sia la dilatazione,

Digitized by Google

Il Person, che sino dal 1848 fece un accurato studio sperimentale su le calorie di fusione dei solidi, rilevò esser queste nei metalli correlative al loro coefficiente d'elasticità. Fu un rilievo codesto di grandissima importanza per la teoria meccanica del calore. Però, insino ad ora, la scienza non ne ritrasse quel vantaggio che pare a noi ne potesse tosto ricavare. Poichè lo stesso Person tolse gran parte di valore a quel suo trovato, coll'ammettere che nei solidi poco tenaci più non fossevi relazione tra la coerenza delle loro molecole e le respettive calorie di fusione. E, seguendo in alcune vecchie idee di Irwine, suppose invece essere queste calorie commisurate alla variazione che la caloricità specifica di ciascuna sostanza subisce, colla mutazione nello stato fisico (1).

sia la costruzione che accompagna la loro liquefazione, viene confermato da quest'altro fatto importante. I solidi che nel fondersi aumentano di volume offrono un aumento nella temperatura di fusione in opera di una pressione meccanica esercitata su di essi; cioè la pressione meccanica, opponendosi alla espansione della sostanza, la mantiene liquida anche a temperatura superiore a quella per cui essa si rassoda ove non s'eserciti pressione esterna. Così verificò Bunsen per lo spermaceti e la paraffina, e così confermò Hopkins per le seguenti sostanze:

	Temperatura di fusione			*Temperatura di fusione*	
	1 *atmosf.*	808 *atmosf.*		1 *atmosf.*	808 *atmosf.*
Stearina . .	67°,2	73°,6	Spermaceti .	51,1	80,3
Cera	64,7	80,3	Solfo. . . ,	107,2	140,6

Anzi Fairbairn riconobbe che codeste sostanze, acquistando lo stato solido sotto valide pressioni, presentano una densità ed una tenacità maggiori di quando si solidano senza il concorso di tali pressioni. Queste operarono dunque a modo di una sottrazione di calore fra le molecole.

All'incontro, le sostanze che nel fondersi si contraggono offrono una diminuzione nella loro temperatura di fusione coll'aumentare delle esterne pressioni. Così verificò Thomson pel ghiaccio. Giusta i suoi dati l'aumento d'un'atmosfera nella pressione produce una diminuzione di 0°,00747 nella temperatura di fusione. Clausius, in base alla teoria meccanica del calore, calcolò la stessa diminuzione a 0°,00758, la quale corrisponde ad 1° ogni 132 atmosfere. In opera di valida pressione, che stimò superiore a 10.000 atmosfere, Mousson giunse a ridur liquido il ghiaccio ed a mantenerlo liquido per gran tempo, serbandolo raffreddato a —18°. Qui adunque la pressione meccanica opera come un aumento di temperatura: poichè essa, facendo accostare le molecole del ghiaccio, si oppone all'esercizio delle forze di orientazione che danno all'acqua a forma solida.

(1) Secondo Person le calorie di fusione λ dell'unità di peso d'una

Digitized by Google

Ora noi, per niun verso, sappiamo ammettere una così fatta supposizione. Le calorie di fusione di un solido si determinano quand'esso sia già scaldato a quella temperatura per la quale la mutazione di stato accade ed alla quale ritiensi serbato il liquido che ne proviene; esse dunque non suppongono alcuna

sostanza solida si ponno calcolare colla relazione

$$(1) \qquad \lambda = (T + t)(l - s) + 0{,}00167 \left(1 + \frac{2}{\sqrt{d}}\right) e,$$

dove l ed s esprimono le sue calorie di temperatura dell' unità di peso in istato liquido ed in istato solido, t la sua temperatura di fusione riferita al consueto zero termometrico, T una temperatura inferiore a questo zero e corrispondente ad una totale privazione di calore per la sostanza solida, e il suo coefficiente d' elasticità, e d la sua densità. Però nelle sostanze molto tenaci, essendo l ed s poco differenti tra loro, le calorie λ sono dipendenti quasi unicamente dal secondo termine del secondo membro della (1); laddove per le sostanze poco coerenti, per le quali è piccolo e, le calorie stesse dipendono quasi interamente dal 1°. termine. Ond' è che per quest' ultime può assumersi più semplicemente

$$(2) \quad \lambda = (T + t)(l - s), \text{ e per le prime invece } \lambda = 0{,}00167 \left(1 + \frac{2}{\sqrt{d}}\right) e.$$

Notisi però che anco quest' ultima relazione posta dal Person non deve essere rigorosa, poichè λ si riferisce alla temperatura t, la quale è variamente elevata per i metalli, mentre d ed e si riferiscono alle ordinarie temperature. Infatti, come si disse sopra, la coerenza che residua nei diversi metalli, scaldati alle rispettive temperature di fusione, non sarà in tutti proporzionale a quella ch' essi mostrano alle ordinarie temperature. E benchè, col crescere della temperatura, diminuiscano tanto e quanto d, è assai probabile che questi decrementi seguano ragioni diverse così in una data sostanza, come in sostanze differenti.

Osserveremo poi che la temperatura T, la quale dovrebbe corrispondere allo zero assoluto, risultò a Person assai superiore a quella che si desume dalla dilatabilità di un gas perfetto, e che è circa — 273°. Per il ghiaccio essendo $t = 0°$, la (2) dà $T = \frac{\lambda}{l - s}$, onde Person, assumendo per questa sostanza $s = 0{,}504$, $l = 1{,}0$, $\lambda = 79{,}25$, ottenne T = 160°, cioè lo zero assoluto sarebbe a = 160°. Se invece ponesi per il ghiaccio $s = 0{,}474$, come risulta dalle molte e precise prove di Regnault, fatte tra — 78° e — 10°, s' avrebbe per T un valore ancor minore, cioè — 151°. Anzi dovendo diminuire colla temperatura la caloricità a peso del ghiaccio, il valor medio effettivo di s tra lo zero assoluto e lo zero convenzionale sarà inferiore a quello avuto da Regnault; talchè si avrebbe per T un valore

Digitized by Google

mutazione di temperatura nel corpo. Esse si riferiscono soltanto al lavoro meccanico voluto a fluidificare le particelle del solido, ossia sono unicamente correlative all'effettuazione del mutamento nello stato d'aggregazione delle sue molecole (1). All'incontro la caloricità specifica di un corpo, sia esso solido o flui-

più piccolo di 150. Ora lo zero assoluto dev' essere certamente inferiore a — 150°, poichè con alcune miscele frigorifere (acido carbonico solido e solfuro di carbonio vaporizzanti nel vuoto pneumatico) s' ottennero temperature assai vicine a — 150°.

Avvertasi infine che codesta regola di Person fu già trovata difettosa e sensibilmente, per parecchie sostanze pur poco coerenti, come sono la naftalina, il bromo ed il jodio. Ecco i dati relativi a codesti corpi secondo Alluard, Regnault e Favre. Per le calorie calcolate si assunse la (2), ritenendo T = 160.

	Caloricità in istato		*Calorie di fusione*	
	liquido	*solido*	*sperimentale.*	*calcolate*
Bromo	0,1051	0,0845	16,18	3,46
Naftalina. . . .	0,4176	0,3249	35,68	23,25
Jodio	0,1082	0,0541	11,71	14,48

(1) Non si pensi che le idee di Person siano appoggiate da alcune recenti sperienze di Desains (*Comptes Rendus*, Fevr. 1862). Costui prova coll' esperienza che per elevare un dato peso d' acqua da una data temperatura inferiore a 0° ad altra pur data e superiore a 0° richiedesi la stessa quantità di calore, tanto che essa, in tal passaggio di temperatura, s' agghiacci prima e poi si fonda, quanto che essa rimanga sempre liquida. Queste esperienze confermano soltanto che le calorie emesse nella solidazione dell' acqua sono eguali alle calorie assorbite nella liquefazione, e che la caloricità specifica dell' acqua non muta sensibilmente passando da temperature poco inferiori a 0° ad altre poco superiori. Laddove, secondo Person, dovrebb' esservi una certa temperatura inferiore a 0°, per ridurre alla quale una massa liquida avente una temperatura superiore a 0° dovrebbesi sottrarre tal numero di calorie che si potrebbe calcolare, senza tener conto della mutazione di stato (cioè delle calorie emesse nella solidazione e della differenza nella caloricità a peso ne' due stati), e ritenendo che la si mantenesse sempre liquida e con invariata caloricità. Qui la massa liquida potrebbe subire o non subire una sola mutazione di stato, la solidazione, è là, nelle sperienze di Desains, l' acqua può subire o non subire due successive mutazioni di stato, la solidazione e la liquefazione. Nel caso contemplato da Person una sola e molto inferiore a 0° sarebbe la temperatura soddisfacente, mentre, nelle prove di Desains, tutte le temperature inferiori a 0° soddisfanno alla sua tesi, purchè l' acqua si possa tenere ancor liquida innanzi di provocarne il parziale solidamento coll' agitazione.

Digitized by Google

do, si valuta sempre in relazione ad una mutazione avvenuta nella sua temperatura. E fu anzi per fissar bene nella mente questo dato che noi sopra denominammo *calorie di temperatura* ciò che altri dice *calore specifico*. Vero è che la caloricità d'una sostanza risulta diversa secondo che essa è solida o liquida; ma codesta modificazione nella caloricità è una *conseguenza* e non una concomitanza della mutazione dello stato fisico, quando il corpo è reso liquido, ad accrescerne la temperatura, richiedesi una quantità diversa di calore che a produrre uno stesso aumento di temperatura in un egual peso dello stesso corpo quand'è ancor solido; poichè nei due casi è diversa in esso la coerenza e quindi la dilatabilità termica: Tanto che, come si è visto sopra, le calorie di dilatazione della sostanza sono minori nello stato liquido che nel solido. E ciò appunto perchè colla liquefazione s'è già comunicata alla sostanza una somma di forze vive molecolari corrispondente alle sue calorie di fusione. Epperò il supposto di Irwine e di Person, è, a nostro avviso, altra delle deplorabili conseguenze di quel malaugurato concetto che era la *capacità calorifica* riferita ad eguali pesi: giacchè, trovandosi aumentata codesta capacità colla liquefazione, si suppose che si dovesse versare nel corpo una nuova dose di calore per serbarla alla medesima temperatura.

Crediamo adunque che si possa fondatamente respingere codesta idea del Person, per cui vorrebesi stabilire una distinzione, quanto al grado di coerenza nei solidi, in riguardo alle loro calorie di fusione. L'essere un solido un po' più od un po' meno coerente di un altro non deve modificare così essenzialmente la condizione delle loro calorie di fusione, per cui nell'uno dipendano dalla coerenza stessa e nell'altro dalla differenza della loro caloricità nei due stati fisici. Così, ad esempio, il solfo ed il fosfato sodico non differiscono gran fatto in coerenza (e nella coerenza si comprendono insieme tenacità, durezza, saldezza, consistenza, rigidità, ec.) dal piombo: eppure il Person calcola in modo diverso le calorie di fusione di quelli e di questo. Noi invece diciamo, *per tutti i solidi le calorie di fusione sono proporzionate alla somma delle resistenze opposte dalle loro forze molecolari all'assumere la forma liquida*. Ed in ciò si comprende tanto il lavoro per lo slegamento delle molecole, quanto quello per variarne le distanze, in opposizione alle forze di attrazione e di orientazione.

Digitized by Google

20. Quando un solido si scioglie entro un liquido, senza che intervenga chimica combinazione, si verifica un raffreddamento nel liquido stesso in corrispondenza ancora al lavoro resistente spiegato dal solido allo sciogliere le proprie molecole. E da codesto raffreddamento ponno argomentarsi le *calorie di soluzione* dell'unità di peso e dell'unità di volume d'un dato corpo. A questo proposito Person rilevò alcuni importanti fatti, che ci sembrano in pieno accordo, anzi in conferma della interpretazione suesposta per le calorie di fusione de' corpi poco coerenti. Trovò egli che le calorie di soluzione d'un dato solido sono maggiori delle calorie di fusione del solido stesso; anzi le prime s'accrescono ancora tanto coll'aumentare la quantità relativa del liquido solvente, quanto col diminuire in questo la temperatura (1). Ora è facile intendere che, a sciogliere un solido, oltre al calore necessario a slegare e fluidificare le sue particelle richiedesi ancor quello corrispondente al lavoro di trasporto o di diffusione delle disciolte molecole in tutta la massa del solvente, smuovendo le molecole di questo, ed infrangendosi tra esse in onta alla loro coerenza. Ed è pur chiaro che codesto lavoro deve riescire maggiore, ove s'aumenti il volume del solvente e quindi lo spazio entro cui va diffuso il corpo disciolto e la massa da smuovere (2). Si aumenterà pure un tal lavoro coll'accrescere la resistenza opposta dal liquido alla detta diffusione, cioè quando s'aumenti in esso la coerenza col diminuirne la temperatura. E finalmente è evidente che per un solido già sciolto, le calorie di temperatura, e più ancora le calorie di dilatazione devono essere minori che nol fossero per esso innanzi sciogliersi, poichè in istato fluido le sue molecole opporranno minore resistenza all'aumentare di velocità ed al discostarsi in correlazione ad un dato au-

(1) Il Person verificò essere le calorie di soluzione nell'acqua maggiori delle calorie di fusione pei sali non idratabili o già idratati. Ad esempio l'azotato potassico, che a fondersi richiede 49 calorie per ogni unità di peso, ne richiede 69 ad essere sciolto in 5 parti d'acqua, ed 80 a sciogliersi in 20 parti d'acqua, ove questa abbia la temperatura di circa 20°. Che se l'acqua, nella stessa quantità, è fredda a 0°, voglionsi 86 calorie a sciogliere una eguale quantità di nitro.

(2) Così accade che aggiungendo acqua ad una soluzione, pur meno che satura, si produce un raffreddamento, come fu osservato da tempo.

Digitized by Google

mento di temperatura. Ebbene il Person, che era già venuto sì presso al vero, non seppe interpretare a dovere alcuni di questi fatti, preoccupato dall'idea che nelle calorie di liquefazione d'un solido dovesse influire la differenza nella sua caloricità prima e dopo la mutazione di stato (1).

È però da avvertire che le variazioni di volume, che d'ordinario accompagnano l'atto della soluzione d'un solido entro un liquido, avranno pure influenza su le calorie di soluzione. Molti sali, sciogliendosi entro l'acqua, presentano una contrazione, cioè la densità effettiva della soluzione risulta maggiore di quella calcolata in relazione alle quantità o densità del liquido e del solido ond'essa è costituita. In questi casi, l'aumentata densità relativa del solvente producendo in esso un aumento di coerenza, vi sarà anco produzione di calore, il quale tenderà a diminuire le calorie di soluzione del solido, e quindi a menomare l'eccedenza di queste calorie su quelle di fusione del solido stesso. Per contro nei casi in cui la soluzione dà un aumento di volume, vi sarà perdita di forza viva, cioè di calore, e le calorie di soluzione dovranno pur rappresentare codesto lavoro (2).

21. È quì luogo di far qualche riflesso su le miscele frigorifere, nelle quali entra l'acqua con un sale solido, oppure il ghiaccio con un liquido. In alcuni casi s'esercita fra i due corpi una distinta azione chimica, in altri no. Consideriamo i primi, come ad esempio, le miscele di ghiaccio ed acido solforico diluito, oppure alcoole. Ciascuno di questi liquidi, a contatto coll'acqua liquida, svolge calore in segno di un più intimo aggruppamento molecolare della materia de'due liquidi; talchè

(1) Ritiene il Person che l'aumento nelle calorie di soluzione di un sale relativo al diminuire la temperatura del solvente dipenda dall'essere il calore specifico effettivo della soluzione minore di quello calcolato in relazione ai suoi componenti. Noi ripetiamo qui, ciò che dissimo sopra, le calorie di liquefazione d'un solido non concernendo alcuna mutazione nella temperatura del corpo non ponno aver dipendenza, ma solo un'attinenza indiretta colle calorie di temperatura (calore specifico) di tal corpo nei due stati.

(2) Approfittando di alcuni recenti dati di Tissier su codeste variazioni di volume offerte dalle soluzioni, li esponiamo qui di confronto colle corrispondenti calorie di soluzione dell'unità di peso e dell'unità di volume secondo Favre e Silbermann. V'aggiungiamo l'indicazione dell'ac-

Digitized by Google

la loro temperatura s'eleva d'assai. Ma a contatto col ghiaccio, i liquidi stessi, non potendo scaldarlo oltre lo zero, se prima non lo fondono, col calore promosso dall'azione chimica possono soltanto affrettarne la liquefazione, cioè in un dato tempo producono la fusione di maggior massa di ghiaccio, epperò la miscela si raffredda più celeremente (1). In contatto tra il solido ed il liquido avviene tuttavia una produzione di calore, cioè un aumento nella forza viva molecolare: ma questo calore, o piuttosto questa forza viva non si estrinseca, convertendosi tosto in forza motrice a sciogliere altro contiguo strato di ghiaccio: e

qua di cristallizzazione per alcuni sali idratati, onde mostrare che le calorie di soluzione non hanno con essa una diretta relazione.

	Variaz. di volume nella soluz.	*Calorie di soluz. a peso*	*a volume*	*Acqua di cristalliz.*
Cloruro barico.	— 0,0264	16,9	65,9	2 equiv.
Solfato magnesico	— 0,0258	....	....	7 »
Cloruro sodico . .	— 0,0221	8,9	18,7	anidro
Solfato ferroso. .	— 0,0190	12,1	22,1	7 equiv.
Nitrato potassico .	— 0,0174	70,5	136,1	anidro
Fosfato sodico . .	— 0,0116	52,3	75,8	24 equiv.

(1) Codesto asserto può sembrare, a primo aspetto, paradossale. Eppure esso corrisponde appuntino al fatto seguente, rilevato già dagli Accademici del Cimento. Un vasetto, contenente acqua tiepida ed un termometro, è collocato entro del ghiaccio in altro vaso: il raffreddamento dell'acqua interna è più rapido quando il ghiaccio vien fuso prestamente, ponendo il vaso esterno entro acqua tiepida, che non avvenga quando il ghiaccio lentamente si scioglie in ambiente a temperatura poco superiore a zero. Il calore esterno, attivando la fusione del ghiaccio, provoca una sottrazione di calore da tutte le parti di esso, e quindi anche dall'acqua che sta nel vasetto interno. Però, onde la prova riesca, l'acqua esterna non dev'essere soverchiamente calda, cioè non oltre i 25°; altrimenti l'incremento nella velocità di raffreddamento dell'acqua interna sarebbe mascherato dalla trasmissione di calore della esterna. Il chè poi corrisponderebbe al caso in cui si mesce poca neve con molto acido solforico diluito, oppur con acido solforico concentrato, onde può aversi un aumento di temperatura nella miscela, anzichè una diminuzione. Valutando le calorie di fusione del ghiaccio in relazione alle calorie d'idratazione dell'acido solforico, può prevedersi quand'è che vi sarà raffreddamento e quando riscaldamento, secondo le varie proporzioni della miscela.

Digitized by Google

intanto le parti interne del ghiaccio vieppiù si raffreddano, cedendo anch'esse parte della loro forza viva a quelle esterne che si riducono liquide (1). Perciò, diminuendosi successivamente la temperatura del ghiaccio da sciogliere e quella ancora del liquido solvente circostante, riesce mano mano minore l'eccesso delle calorie prodotte dalla combinazione su quelle assorbite per la fusione del ghiaccio e per la diffusione dell'acqua entro il solvente, e va quindi scemando la detta accelerazione nella fusione ed il conseguente raffreddamento, sino a che si riduce costante la temperatura nella miscela, lorchè le calorie di combinazione eguagliano quelle di liquefazione di diffusione.

Anche nelle miscele frigorifere fatte con acqua liquida, entro cui sciolgonsi alcuni sali solidi, interviene spesso l'affinità, o piuttosto un'azione molecolare fra corpi eterogeni (2), per cui, aggruppandosi altrimenti le loro molecole, evvi una modificazione nella loro forza viva, ossia nel loro stato termico. Così il cloruro sodico, il cloruro calcico, il cloruro potassico, ma più ancora l'azotato potassico e l'azotato ammoniaco, sciogliendosi nell'acqua danno un distinto raffreddamento. Quest'è ancora corrispondente alle calorie di soluzione di codesti sali: e per tale riguardo il raffreddamento stesso sarà correlativo alla quantità del solido che in un dato tempo si scioglierà entro un dato volume d'acqua, cioè correlativo al grado della sua solubilità. E per quanto s'è detto sopra, il raffreddamento del liquido sarà tanto maggiore quanto più coerente è il solido che si scioglie, e quant'è più freddo cioè più coerente il liquido solvente. Ma ora aggiungiamo che un'azione chimico-molecolare, in alcuni

(1) Siccome accade quando una miscela frigorifera è posta a raffreddare entro altra miscela frigorifera.

(2) Dumas nella 10. lezione su la *filosofia chimica* (1836) avvertiva che le soluzioni sono prodotte da una forma dell'attrazione molecolare, intermedia tra la coesione e l'affinità. Quest'ultima si manifesta tra molecole molto dissimili che s'uniscono strettamente, producendo corpi aventi proprietà diverse dalle precedenti. Quando invece si uniscono molecole poco dissimili, il prodotto conserva le loro peculiari proprietà. Tal'è il caso delle soluzioni nelle quali si verifica un limite per la solubilità del solido, e sembra che talora si formino dei composti a proporzioni definite, i quali però ponno essere diluiti con indefinite quantità del liquido solvente.

Digitized by Google

casi almeno, deve intervenire a produrre calore, il quale, come nelle miscele chimiche sovradette, coopera ad attivare la soluzione del solido (1). Per nostro avviso, il fatto che meglio prova l'intervento di una tale azione stà in ciò che, se in una soluzione satura di tali sostanze si gitta del ghiaccio sminuzzato, questo si scioglie rapidamente, e la soluzione si raffredda sino a parecchi gradi sotto zero. Ora questo raffreddamento non è attribuibile alle calorie di soluzione d'altro solido fuor del ghiaccio stesso; e se questo si fonde a temperature inferiori a zero è indizio d'una azione solvente esercitata dal liquido sul ghiaccio, la quale o produce calore in contatto tra liquido e solido, affrettando la fusione di questo e quindi il raffreddamento delle parti contigue si del ghiaccio che della soluzione, ovvero opera come una pressione meccanica esercitata sul ghiaccio, la quale s'è visto sopra (pag. 357) produrre una diminuzione nella temperatura di fusione del ghiaccio (2). E che codeste soluzioni, liquefacendo il ghiaccio,

(1) Il cloruro di sodio e di calcio, ad esempio, danno un piccol numero di calorie di soluzione, benchè siano corpi abbastanza coerenti: onde può credersi che la loro idratazione produca calore, benchè in minor grado, che non accada coi cloruri di zinco, di ferro e di rame, i quali anzi svolgono tanto calore, da mascherare completamente le loro calorie di soluzione e da lasciarne ancora un notevole eccesso cosicchè v'è riscaldamento nella miscela.

(2) Così, ad esempio, ho verificato che le soluzioni sature e filtrate di cloruro calcico, di cloruro sodico e di nitrato ammonico, aventi tutte le densità 1,200, si riducono, rispettivamente, a $-9°.0$, a $-9°.5$ ed a $-10°.5$, gittandovi entro del ghiaccio sminuzzato in conveniente misura: e ciò qualunque sia la temperatura preventiva della soluzione e dell'ambiente (essa variò nelle diverse prove da $+5°$. sino a $+26°$.). E tali temperature di raffreddamento si mostrano costanti fino a che la quantità del ghiaccio disciolto dalla soluzione non la rende sensibilmente diluita: poichè allora val quanto gittare il ghiaccio entro una soluzione meno satura dei detti sali, per cui il raffreddamento sotto zero riesce tanto minore quant'è più lontana dalla saturazione la soluzione istessa. Colle soluzioni sature le predette temperature risultano in ogni caso ben determinate, il che mostra che il raffreddamento trova un limite, lorchè le calorie provocate dall'azione solvente eguagliano le calorie in pari tempo impiegate a liquefare il ghiaccio. Perchè queste prove riescano conviene usare un vaso cilindrico di poco diametro (4 centim. al più) ed assai profondo (almeno 8 centim.), pressochè pieno di ghiaccio minuto, nel quale si versa la soluzione salina feltrata, sino ad empirlo: con un termometro, pronto e sensibile, il ri-

Digitized by Google

provochino calore, ovvero esercitino una pressione (il che fa lo stesso, significando nell'un modo e nell'altro una diminuzione nella forza viva molecolare de' corpi in contatto), s'argomenta anco dalla contrazione che subiscono i due corpi nello sciogliersi, da che s'aumenta la loro densità relativa.

Codesto raffreddamento delle soluzioni può in parte attribuirsi anche al freddo che s'è visto sopra provocarsi in una soluzione quando la si diluisce, poichè l'acqua data dal ghiaccio, che così rapidamente si scioglie, rende diluita sempre più la soluzione entro cui fu gittato. E questo raffreddamento corrispondente alla diluzione della soluzione sarà ancor più sentito, perchè la soluzione stessa, a così basse temperature, essendo assai coerente, spiegherà molta resistenza alla diluzione, siccome s'è pur visto sopra.

Sussiste poi un'altra condizione per cui il raffreddamento in codeste miscele incontra un limite, e sta nella temperatura d'agghiacciamento della soluzione stessa. Chiaro è che la miscela non potrebbe raffreddarsi a segno da agghiacciare, poichè con ciò cesserebbero le condizioni del raffreddamento stesso, e si svolgerebbero anzi le calorie di solidamento della soluzione. È però noto che le soluzioni saline hanno il punto d'agghiacciamento inferiore a 0°, e tanto più quant'è maggiore la quantità del sale in esse disciolta (1). E appunto la più bassa

mescola il ghiaccio, il quale strnggesi per buona parte, e si rileva poi la temperatura dello strato superiore della miscela, ove sornuota il residuo ghiaccio e framezzo al quale deve tenersi il serbatojo del termometro. Però in veggendo il ghiaccio fondersi a temperature così inferiori a zero, senza che si possa ammettere raffreddamento prodotto da fusione d'un altro solido (come accade quando al ghiaccio s'unisce il sale solido) devesi riconoscere un'azione molecolare esercitata dalla soluzione liquida sul ghiaccio e capace di affrettarne d'assai la fusione. Ed in vero in tal condizione si rileva che il ghiaccio si liquefà con assai più di prontezza che se gli s'aggiungesse un'eguale quantità d'acqua avente la stessa temperatura che ha la soluzione.

(1) Rüdorff ha recentemente verificato per molte soluzioni saline che l'abbassamento del punto d'agghiacciamento è direttamente proporzionale alla quantità del sale disciolto. Però per alcune soluzioni questa proporzionalità, si verifica rispetto al sale anidro, per altre rispetto al sale idrato, e per altre ancora sino ad una certa temperatura la si verifica rispetto al sale anidro, e più oltre rispetto al sale idrato. Così, ad esempio,

Digitized by Google

temperatura raggiunta dalle dette miscele è sempre superiore a quella per cui la soluzione diluita s'agghiaccerebbe.

Finalmente nelle miscele fatte con due solidi, come quelle d'alcuni sali col ghiaccio, è chiaro che a produrre il raffreddamento concorrono le calorie di liquefazione d'entrambi i corpi, e che però a provocare codesta liquefazione a contatto dei due solidi è necessario ammettere che fra essi s'eserciti un'azione molecolare analoga all'affinità, e quindi promovitrice di calore. Ed ancor quì codesto calore si converte tosto in lavoro motore, liquefacendo celeremente entrambi i corpi e disciogliendo l'uno nell'altro: talchè la temperatura va diminuendo nella miscela, sino a che siavi equilibrio tra il calore promosso e quello sottratto in uno stesso tempo (1).

per cloruro calcico si verifica un preciso rapporto tra il detto abbassamento e il peso del sale unito a sei equivalenti d'acqua. Pel cloruro di sodio, sino a —9°, regge il rapporto pel sale anidro, ed oltre pel sale stesso unito a quattro equivalenti d'acqua: epperò una soluzione di cloruro sodico depone a—10°; un sale cristallizzato con 4HO, che si ridiscioglie a temperature più elevate. Sta adunque in quest'ultimo fatto la condizione del limite di raffreddamento a circa — 9°.5 da noi osservato nella miscela di ghiaccio e soluzione satura di cloruro di sodio.

Intanto queste osservazioni appoggiano l'idea di Dumas che nelle soluzioni intervenga un'azione molecolare di unione fra molecole dissimili, e che anzi in più casi avvengano vere combinazioni. E da quest'azione proviene il calore di cui si fa cenno sopra.

È pure cosa degna di riflesso il vedere come tenui quantità d'alcuni solidi, disciolti nell'acqua, ne abbassino notevolmente la temperatura d'agghiacciamento. Ad esempio, bastano 15 parti di cloruro sodio sovra 100 di acqua per abbassare di 9° la temperatura di solidazione. Codeste parti eterogenee esercitano dunque una potente modificazione su le forze molecolari dell'acqua. Il che consuona con quest'altri fatti ben noti, che cioè i sali, disciolti nell'acqua in non molta quantità, modificano d'assai le leggi della comprensibilità meccanica (giusta le prove di Grassi) e della dilatabilità termica dell'acqua stessa.

(1) Questo fatto ha analogia coll'altro che la temperatura dell'ambiente non modifica sensibilmente la temperatura minima toccata da una miscela fatta con date proporzioni di date sostanze: se l'ambiente è caldo non fa che provocare la fusione di una maggior quantità del solido o dei solidi che entrano nella miscela stessa.

(continua)

Digitized by Google

ESPERIENZE SULLA VELOCITA' DELLA ELETTRICITA', E SULLA DURATA DELLA SCINTILLA; DI R. FELICI.

Nel corso di alcuni studii, fui condotto a delle esperienze sulla durata della scintilla e sulla velocità di propagazione della elettricità in un conduttore. Il soggetto non era nuovo; infatti, oltre le celebri esperienze fatte da Wheatstone con lo specchietto ruotante, abbiamo quelle di Fizeau e Gonelle, Mitchell, Walker, Gould, Latimer Clark, e di Faraday; ed abbenchè fosse nuovo il modo col quale mi proponevo di esperimentare, era pur vero che esso esigeva, per darmi numeri esatti, apparecchi di precisione che io ero ben lungi dal possedere. Ma il mio scopo principale era quello di esercitarmi in simil genere di esperienze; e, in pari tempo, a poco a poco, con i mezzi del Gabinetto di questa Università, condurre le esperienze assai oltre per assicurarmi della probabilità del buon successo del metodo mio; e per dare altresì, con sufficiente dettaglio, a un distinto fabbricante le indicazioni necessarie alla costruzione di un apparecchio, il quale mi potesse in seguito dare le più esatte misure; e mi fosse utile nel mio corso annuale, permettendomi di far osservare ai giovani facilmente il fenomeno.

Ma frattanto che stavo attendendo di poter ultimare le mie osservazioni con mezzi migliori dei già adoperati, e con un apparecchio che disgraziatamente non potrebbe costruirsi che all'estero, e con qualche lentezza (perchè in simili costruzioni vuolsi che il fabbricante venga a completa cognizione del loro uso, e vi prenda interesse come l'esperimentatore, per farvi quelle modificazioni che spesso egli solo può suggerire) io dovevo redarre ed ordinare gli appunti giornalieri delle fatte esperienze. È poco più di tale redazione questo che ora io presento al lettore, nella sola speranza di continuare poi il mio lavoro.

Alcuni preliminari, e descrizione dell' apparecchio.

1°. La storia delle esperienze fatte sulla velocità dell'elettrico, da Watson fino a quest'epoca, sorprende con la grande dif-

Digitized by Google

ferenza fra i resultati ottenuti dai varj fisici. Prendendo per unità di tempo il secondo Wheatstone ottenne 460800 chilometri, Fizeau 180000, gli altri ancor meno, e vi fu chi non arrivò ad ammettere nell'elettrico una velocità maggiore di 4300. Il lettore può vedere nel T. II. del trattato di De La Rive un sunto assai chiaro dei lavori di quegli esperimentatori.

Una delle principali cause di tali differenze fu, come è noto, indicata da Faraday, il quale fece osservare che un filo di rame di un lungo circuito immerso nell'acqua, e che era ricoperto di guttaperca e destinato per delle linee sotto-marine, si caricava come l'armatura interna di una bottiglia di Leida allorchè era posto in comunicazione con un polo di una pila, di cui l'altro polo comunicava col suolo; e così la superfice esterna della guttaperca, bagnata ed in comunicazione col suolo, tenea luogo dell'altra armatura. Siemens in Prussia avea già osservato un fatto simile, ma Faraday ne ottenne un altro, più interessante ancora del primo, per la nostra questione.

Faraday si servì di un filo simile al precedente, lungo 2400 chilometri, di cui un estremo comunicava con una pila, e l'altro estremo col suolo; e si servì pure di tre galvanometri, il primo dei quali era vicino ad un polo della pila della quale l'altro polo comunicava col suolo; il secondo galvanometro era nel mezzo del filo, e il terzo all'estremo del filo stesso che pure toccava il terreno. Al chiudere del circuito subito deviava l'ago del primo galvanometro, l'ago del secondo deviava qualche istante più tardi, e l'ago del terzo più tardi ancora. Ma quando il circuito non era tuffato nell'acqua, tutti e tre quegli aghi deviavano nello stesso istante, ossia, per meglio dire, non si vedeva ad occhio differenza sensibile di tempo fra gl'istanti in cui avvenivano quelle deviazioni.

Così dunque, quando nella esperienza del Faraday la superfice esterna della guttaperca era in comunicazione col suolo, e che perciò una parte della elettricità trasmessa dalla pila, nel primo istante della sua azione, poteva fissarsi sulla guttaperca, per caricarla come una boccia di Leida, allora erano ritardati gli istanti in cui la elettricità poteva acquistar successivamente nei galvanometri il suo stato finale di equilibrio dinamico, od almeno acquistar intensità bastante per agire sull'ago.

Digitized by Google

Tale sperienza dà plausibile ragione delle enormi differenze che vi sono fra i resultati ottenuti da Fizeau et Gonelle, Gould,... ec. perchè questi fisici esperimentarono con delle pile, ed in condizioni simili a quelle di Faraday ma non uguali fra di loro, sia per il modo col quale il filo toccava il suolo, sia per altra particolarità nel modo di esperimentare; e dobbiamo concludere che tutte le esperienze che dopo Wheatstone si fecero, in quelle stesse condizioni ultime citate, non potevano condurre al valore assoluto della velocità di propagazione della elettricità in un conduttore.

Ma la esperienza di Faraday, e quella sola conclusione che per ora legittimamente se ne può dedurre, circa alla nostra questione, non infirmano la prima esperienza di Wheatstone fatta in condizioni tanto diverse da quella di Faraday, e con un mezzo di osservazione e di misura del fenomeno infinitamente più delicato di quello offerto dalle deviazioni di un ago calamitato, o dalla calamitazione del ferro dolce; e giova anzi rimarcare che Fizeau e Gonelle, i quali fra i fisici che esperimentarono dopo Wheatstone furon quelli che misero in opra artifizj più delicati per la misura del fenomeno, arrivarono altresì a dei numeri meno discosti dal numero dato da quel primo esperimentatore, in paragone dei numeri trovati da Mitchell, Walker, Gould e Latimer Clark.

2°. Immaginiamoci un filo conduttore isolato, e steso per più semplicità in linea retta. Se in un punto qualunque di questo filo vien tolto l'equilibrio naturale dell'elettrico, un fenomeno di moto, una successiva decomposizione della elettricità naturale, quel che infine che fa differire un corpo elettrizzato da un altro, si propagherà nel filo alle parti sempre più lontane dall' origine del movimento; e lo spazio così percorso, nella unità di tempo, sarà la misura della velocità dell'elettrico, nell'ipotesi che il moto sia uniforme e che al di là di quello spazio durante tutto il primo secondo di tempo, il filo rimanga perfettamente allo stato naturale.

Ma quando, dopo chiuso il circuito voltaico, vediamo l'ago del galvanometro deviare, per molte ragioni dobbiamo supporre che il moto elettrico siasi già propagato nel filo a grandissima

Digitized by Google

distanza, più oltre del luogo del filo ove si trova quell' istrumento. In primo luogo perchè nel primo istante in cui l'elettrico arriva dove è il galvanometro, esso non ha ancor raggiunta intensità bastante, per agire sull'ago; giacchè vi deve esser bisogno di un certo tempo onde l'equilibrio elettro-dinamico del filo possa raggiungere il suo stato finale. In secondo luogo, perchè non è neppur probabile che l'azione chimica della pila acquisti istantaneamente al chiudere di un circuito tutta la energia di cui è capace, e non a grado a grado, rapidamente sì, ma con legge di continuità. In terzo luogo, perchè neppur l'ago può cominciar a muoversi col suo massimo di velocità; ed oltremodo difficile e forse impossibile, sarebbe il precisare esattamente, come la natura del fenomeno lo richiederebbe, l'istante in cui comincia l'ago il suo movimento. In quarto luogo, perchè non abbiamo alcun diritto a supporre che l'azione della corrente sull'ago non sia preceduta, come nel ferro dolce, da dei fenomeni di induzione magnetica, i quali impieghino a prodursi tempi probabilmente d'assai più lunghi di quello impiegato dall'elettrico per percorrere qualche milione di metri.

Se però un modo simile per misurare la velocità dell'elettrico ci lasciò in troppe incertezze, dovea nulladimeno essere tentato; perchè offriva il vantaggio di poter esperimentare con moltissimi chilometri di filo; e, se non ha risoluta la questione principale, ha però cammin facendo fatto conoscere dei fatti molto interessanti; e, per quanto le esperienze che qui descriveremo ci posson dire, tal metodo è probabilmente valido per dare i rapporti fra le diverse velocità dell'elettrico, nei diversi conduttori.

Un filo metallico abbia, come nella esperienza di Wheatstone, una sua estremità prossima alla macchina elettrica, mentre l'altra estremità sia in comunicazione col suolo; e sia interrotto, per esempio nel suo punto di mezzo, onde in quel punto debba scoccare una scintilla. Posta in azione la macchina, la tensione elettrica del filo aumenterà grado a grado in tutti i suoi punti, ed ogni qualsiasi, anche infinitamente piccolo cangiamento di tensione nella estremità prossima alla macchina, provocherà pure un simile cangiamento di tensione in tutti gli altri luoghi del filo. Se la distanza così detta esplosiva in quel luogo

Digitized by Google

di mezzo del filo non è troppo grande, il cangiamento nello stato di equilibrio, che avviene nell' istante in cui per l' aumento delle tensioni scocca alfine la scintilla fra la macchina ed il filo, determinerà la esplosione della scintilla in quel luogo stesso di interruzione lontano dalla macchina. Ma siccome ciò che fa scoccare la scintilla nel luogo di mezzo è l'aumento di tensione che vi è cagionato dalla scintilla che esplode alla prima estremità del filo, fra gli istanti in cui scoccano queste due scintille deve passare un certo intervallo di tempo; e il valore di tale intervallo dipenderà da due cause almeno: prima di tutto dipenderà dal tempo necessario ad un moto elettrico per percorrere l'unità di distanza; e poi dipenderà dalla maggiore o minore quantità di tensione della quale, nella esperienza, sarà necessità che aumenti la tensione in quel luogo di mezzo del filo (onde possa scoccarvi la scintilla) da quella che era nell'istante in cui scoccò dalla macchina; imperciocchè tale aumento non può che farsi grado a grado, e non istantaneamente; ma gli effetti di quest'ultima causa forse possono essere eliminati con molte esperienze e con apparecchi di grande esattezza.

La somma delicatezza degli istrumenti che si possono in questo ultimo caso adoperare per giudicare dell'intervallo di tempo fra le due anzidette scintille, rende già le esperienze infinitamente più esatte di quelle tentate dopo Wheatstone coi galvanometri, o con la magnetizzazione del ferro dolce; e di più tentate con cause di errore indeterminabili e gravi.

È noto che Wheatstone si accorse che quelle due scintille non scoccavano nello stesso istante, e che duravano un certo tempo piccolissimo, osservando le apparenze presentate dalle loro immagini riflesse sopra uno specchietto piano, ruotante con grande velocità.

3°. Quando come dissi più sopra, pel seguito di alcuni studii, ebbi da esercitarmi in siffatto genere di esperienze, il mio primo desiderio fu di ripetere la esperienza di Wheatstone. Ma per ciò fare non avevo un apparecchio tale da poterlo ridurre facilmente all'uopo, nè potevo allora procurarmene uno adattato. E perciò rinunziai a studiare il fenomeno nel modo di Wheatstone, e pensai invece ad una nuova esperienza.

Digitized by Google

Adattai ad un movimento di orologieria, destinato ad imprimere un moto rotatorio ad una piccola massa, un disco di vetro di $0^m,055$ di diametro, e di $0^m,002$ di grossezza stato ricoperto in una sua faccia da uno strato di argento, con un processo simile a quello di Foucault, e poi diviso in 360° con una punta d'acciaio che tolse lo strato opaco di argento lungo il tratto che essa incideva. Così avevo un disco opaco il quale osservato per trasparenza mi presentava in giro 360 tratti lucidi, o, per meglio dire, trasparenti.

Nella cassettina di legno rettangolare che conteneva il movimento, adattai pure un microscopio, che mi serviva per osservare la graduazione trasparente del disco.

Avevo due sostegni isolanti, ognuno dei quali mi serviva per sostenere due sottili tubi orizzontali, e paralelli fra di loro, di vetro verniciato. In ognuno di questi tubi passava una sottile asta di ottone o di rame, che aveva le sue due estremità libere, ossia scoperte e fuori del suo tubo da ciascun lato. In questo sostegno i due tubi erano alla distanza media di $0^m,015$, e due delle estremità delle loro asticine metalliche, fra le quali estremità scoccar dovea la scintilla, erano a delle distanze variabili, da zero a quattro o cinque centimetri, a seconda delle esperienze. Le altre due estremità delle due asticine metalliche, portate dallo stesso sostegno isolante, fra le quali estremità non dovea scoccar la scintilla, erano ben isolate fra di loro, relativamente alla loro distanza intermedia, e solamente comunicavano coi fili conduttori, con un apparecchio di Lane, o con la macchina a seconda dei casi.

In ciascun sostegno isolante, il pezzo che sosteneva i due tubi di vetro poteva scorrere verticalmente in modo da poter centrare la scintilla (che scoccava fra due delle estremità dei due tubi, ossia fra le estremità delle due aste metalliche che vi erano dentro) nell'asse ottico del microscopio; quest'ultimo asse incontrava il disco normalmente, e in un punto della trasparente graduazione. Per brevità chiameremo questi sostegni, *apparecchi a scintilla.*

Poteva durante la esperienza rimanere tutta chiusa la cassetta che conteneva il movimento di rotazione, lasciando che per delle fenditure appositamente fatte vi si introducessero le estremità dei due apparecchi a scintilla.

Digitized by Google

L' osservatore poteva comodamente osservare il fenomeno applicando l' occhio all' oculare del microscopio al di fuori della cassetta; e, dopo aver caricato il movimento di orologieria dell' apparecchio di rotazione, poteva altresì lasciar libero od arrestare a suo piacere il movimento, toccando una molla che rimaneva al di fuori della cassetta. E così non si avea l' incomodo di far buia la stanza della esperienza, per rendere sensibile all' occhio il fenomeno dato dalla scintilla.

Tutto essendo così preparato, si apriva un foro praticato nella cassetta nella direzione dell' asse ottico del microscopio, e che serviva per illuminare la graduazione del disco, mentre si aggiustava il microscopio, onde vedere ben distinti ed ingranditi i tratti della graduazione stessa; e ciò fatto si richiudeva il foro.

A forza di tentativi che qualche volta richiedevano molta pazienza, giacchè mancava l' apparecchio di tutti i necessarii movimenti a vite per centrare facilmente le diverse parti, si centrava l' apparecchio a scintilla in modo da veder ben distinti e lucidi i tratti della graduazione del disco, allorchè scoccava la scintilla; e la distanza di questa dal disco si facea variare a seconda della esperienza.

Raramente si chiudeva perfettamente alla luce l' interno della cassetta: generalmente si lasciava che una debolissima luce cadesse sul disco, in modo da lasciar vedere col microscopio un poco i tratti della graduazione. Ciò era utile per collocare ben l' occhio. E si cominciava tenendo il disco immobile e facendo agire la macchina elettrica. Ad ogni scoccare della scintilla si vedevano lucidi e ben distinti i tratti della divisione; e si seguitava in questo modo fino a che l' occhio si fosse avvezzato bene a quella luce improvvisa e brevissima, rimanendo fermo come per la luce naturale; onde il giudicio sull' immagine veduta nel campo dell' istrumento fosse conforme al vero. E quest' ultima cosa può facilmente ottenersi da ciascun osservatore dopo qualche giorno al più di osservazioni. Dubitai dapprima che tal modo di osservare dovesse affaticar troppo la vista, ma il mio dubbio presto si dileguò; ed i miei occhi (abbenchè di delicatezza tale da essermi stata la principal cagione di due serie malattie) non ne hanno minimamente sofferto.

Quando si osservava il disco mentre esso girava rapida-

Digitized by Google

mente nel suo piano, attorno l'asse che gli era normale, che passava per il suo centro, e che era paralello all'asse ottico del microscopio, si vedevano ad ogni scoccare della scintilla i tratti del disco così distinti e lucidi come se il disco fosse immobile; oppure si presentavano i tratti con diverse apparenze, quali andremo in breve a descrivere.

4°. Il movimento di orologieria era capace di imprimere una velocità di 240 giri al secondo, e sensibilmente uniforme, per quindici secondi almeno, al mio disco.

Si sarebbe aumentata la delicatezza dell'apparecchio diminuendo la grossezza del disco, o il suo diametro; perchè sarebbe stata così aumentata la velocità di rotazione; ma la esistenza di un lieve moto oscillatorio nel senso dell'asse di ruotazione, fece sì che non convenne diminuire la grossezza del disco, altrimenti troppo facilmente esso rimaneva infranto, e lanciato via con gran forza durante la sua ruotazione; e questa fu anche una delle cause che mi indussero a rinchiudere l'apparecchio in una cassetta. La forma poi del movimento di orologieria, sul quale era adattato il disco, mi impedì di adattarvi un disco di un minor diametro.

Per potere approssimare l'apparecchio a scintille al disco, senza che su questo scoccassero scintille, levai nel disco lo strato conduttore di argento, che rimaneva fra il centro e la sua graduazione, sostituendovi un altro strato, ma di vernice isolante.

I tratti trasparenti, segnati dal bulino sul disco, avevano la larghezza di $0^{mm},11$ e gli intervalli opachi, fra ciascun tratto lucido, erano di $0^{mm},31$ a quella distanza dal centro del disco in cui era il luogo osservato dal microscopio.

Evidentemente un artefice munito di tutti i necessarii mezzi saprà far molto meglio; scegliendo un movimento di ruotazione più rapido, e che permetta di adattarvi un disco più piccolo e più leggiero e di maggior trasparenza, diviso con tratti più fini, più netti e precisi nei loro bordi, e finalmente con un microscopio meglio adattato all'apparecchio.

Non avevo nessun microscopio discretamente buono, e fra le non eccellenti combinazioni delle quali potevo disporre, avevo

Digitized by Google

ben poco da scegliere; e, di più, nou potei neppur attenermi alle migliori, dovendo procedere per compensi, nel subire le condizioni che mi erano imposte dalla forma e dalle imperfezioni di tutti gli altri pezzi che componevano il mio apparecchio.

Gli ingrandimenti coi quali potei esperimentare, furono due soli, l'uno di 450 e l'altro di 100 diametri; ma il secondo, il più piccolo soltanto, mi fu utile; perchè il difetto di costruzione dell'apparecchio mi nuoceva troppo facendo uso del maggior ingrandimento, e perchè in queste esperienze, al di là di un non forte ingrandimento, giova procurarsi a preferenza molta chiarezza nell'immagine, aumentando piuttosto la velocità di ruotazione.

5°. L'isolamento del filo conduttore non è fra le minori difficoltà dell'esperienza, quando si tratta di un filo non sottilissimo, e perciò non molto pieghevole, ed assai lungo. Per il mio apparecchio, tal quale potei montarlo, dovetti fare di mille metri in circa il circuito scaricatore; ma spero che con un apparecchio esattamente costruito, si potrà esperimentare con una lunghezza di filo minore assai.

Trattandosi di un filo sottile, coperto di seta, di $0^{mm},30$ di diametro, lo isolai nel miglior modo possibile, con un apparecchio assai comodo nel modo seguente. Fissai contro una parete della stanza due grosse bacchette di ferro lunghe $1^{m},50$, orizzontali, paralelle fra di loro, e con le loro estremità sulle stesse verticali, e fra di loro alla distanza di $2^{m},00$. Ognuna di tali sbarre era tenuta a $0^{m},08$ discosta dal muro, da tre pezzi di ferro fissati stabilmente, e che la reggevano alle due estremità, e nel suo mezzo. Due tubi di vetro assai resistenti e ben diritti, erano infilati in ciascuna bacchetta, da una parte e dall'altra del punto di mezzo, per isolare il filo dalla bacchetta stessa di ferro. Tali tubi erano verniciati di gomma lacca, con molta cura. Ad un telajo siffatto avvolgevo il filo, tenendo discosti i giri di $0^{m},008$ all'incirca. Non si doveva tirare il filo, perchè non poteva fare catenaria, e perchè oltre il pericolo di romperlo, si sarebbe incontrato quello di piegare il telajo e rompere i tubi di vetro; bastava che il filo fosse steso sufficientemente in linea retta. Perchè i giri del filo cangiando di posto non si in-

Digitized by Google

tralciassero fra di loro, e perchè fossero sempre meglio isolati, si erano tagliate delle striscie di tela incerata, e si stendevano lungo i tubi di vetro a misura che si tendeva il filo, avendo cura di far stringere ogni striscia al suo tubo dal filo stesso conduttore, ma solamente dai giri di numero d'ordine impari.

Di simili telaj ne avevo due; ma in uno di questi la forza di trazione del filo, ad onta delle anzidette precauzioni, mi piegò le bacchette di ferro e mi infranse i tubi di vetro. L'altro telajo mi rimase intatto, ed isolava perfettamente il filo. Di tale isolamento mi assicuravo, osservando che anche dopo molto tempo che era stato messo in comunicazione con la macchina, e poi isolato di nuovo, si riscontrava nel filo una carica sufficiente per dare una piccola scossa. In questo telajo avevo $500^{m},00$ di filo.

Ma in simil guisa non si sarebbe potuto tendere un filo di rame di circa un millimetro e più di diametro, e molto meno poi un filo grosso di ferro. In quest'ultimo caso mi risolsi a far costruire due grandi rocchetti di legno, lunghi $1^{m},50$, e di $1^{m},00$ in diametro, mobili attorno ai loro assi sostenuti orizzontalmente da due cavalletti. Ciascun rocchetto era formato da dodici aste orizzontali disposte in giro, a distanze uguali fra di loro, sulle periferie di tre ruote di legno parallele fra di loro, e normali alle anzidette aste. In quelle aste erano poi fissati altri pezzi che reggevano parallelamente alle aste stesse, ossia all'asse di figura e di ruotazione del rocchetto, dei tubi di vetro ben verniciati, ai quali tubi si appoggiava il filo da isolarsi.

Quando si trattò di filo di ferro molto grosso, di tre millimetri di diametro, gli si lasciò la stessa curvatura della matassa, nella quale si trova quel filo in commercio; e non si fece che sospenderlo, sostenendo il primo giro della matassa orizzontalmente con dei cordoni di seta. Il peso stesso della matassa bastava per aprirla, allungarla e formare una spirale col suo asse verticale; a questa spirale poi si dava la dovuta regolarità, passando fra i suoi giri, in senso verticale, altri quattro cordoni di seta, opportunamente raccomandati ai giri stessi. È questo il modo più economico e più atto ad isolare un filo che abbia una certa elasticità. Quando si tratta di filo sottile di rame, sarà migliore il secondo modo citato.

Digitized by Google

Avevo poi dei grossi tubi di vetro, verniciati, e tenuti verticali da basi di legno con piombo; ed avevo dei fili di seta tesi per la stanza, all'oggetto di isolare i fili che servivano di comunicazione fra le diverse parti dell'apparecchio.

Esperienze sulla durata della scintilla.

6°. Wheatstone dopo avere osservato l'immagine della scintilla nel suo specchietto ruotante, disse che essa durava meno di un milionesimo di secondo quando era ad alta tensione, ma che a bassa tensione poteva durare di più; ed in un caso particolare gli trovò una durata di un ventiquattromillesimo della stessa unità di tempo (1). Ma tale maggior durata Wheatstone la sospettò dovuta a ciò che il diametro del filo scaricatore non fosse stato assai grande perchè la scarica della bottiglia lo avesse potuto attraversare altrimenti che in un modo successivo. La durata della scarica gli parve essere talvolta maggiore del tempo impiegato dalla elettricità a percorrere anche molte migliaia di chilometri. Le seguenti esperienze aggiungono alcune cose, ed in parte rettificano alcune delle precedenti asserzioni od opinioni di quel primo distinto osservatore.

Posi l'armatura interna di una bottiglia di Lane di 340 cent. q. di superficie per ogni armatura, in comunicazione con la macchina; e la estremità esterna della piccola asta conduttrice orizzontale fissata alla bottiglia (di cui l'altra estremità termina con una pallina a distanza variabile dalla armatura interna) la posi, mediante un tratto di filo conduttore, in comunicazione con una delle aste conduttrici di un apparecchio a scintilla; l'altra asta di quest'ultimo apparecchio comunicava con l'armatura esterna e col suolo.

Un elettrometro con quadrante era fissato alla macchina. Quando la macchina agiva esplodevano due scintille per volta nel circuito; l'una nell'apparecchio di Lane, l'altra nell'apparecchio a scintilla che illuminava i tratti trasparenti del disco.

Se i fili metallici che formavano il circuito erano di po-

(1) Avvertiamo che nei trattati, generalmente almeno, i resultati di Wheatstone non sono esattamente citati.

Digitized by Google

chi metri, e se si sperimentava con quella stessa bottiglia, di quella data capacità, quando ruotava il disco la immagine di ogni tratto trasparente reso lucido dalla scintilla, era sensibilmente la stessa di quella che sarebbe stata a disco fermo. Di ciò mi assicuravo osservando le irregolarità o smangiature, fatte, come dissi più sopra, nei bordi dei tratti dal bulino. Poche di quelle irregolarità erano il quarto della larghezza media del tratto lucido, molte erano un poco minori della metà delle anzidette; nel maggior numero erano molto più piccole, distinguendosene però facilmente con la scintilla, nel campo del microscopio, di quelle equivalenti a meno di un quarantesimo del tratto lucido, ossia a meno di un centesimo dell'intervallo di un grado della graduazione del disco. Ma a dire il vero, sia per una oscillazione del disco nel senso del suo asse, sia perchè l'apparecchio rendesse realmente sensibile la durata della scintilla anche ad alta tensione e con breve circuito, i bordi dei tratti comparivano un poco meno ben definiti quando il disco ruotava di quando era fermo; nulladimeno si poteva asserire che in simil caso non equivaleva tale incertezza nei bordi dell'immagine alla larghezza di quelle piccole irregolarità.

Il disco faceva 240 giri al secondo, ed essendo diviso in 360 parti, impiegava un 240.360^{esimo} di secondo per fare un grado, e un 240000.36^{esimo} ossia un 8640000^{esimo} di secondo per fare un centesimo di grado; così risulta che, come lo disse Wheatstone, *la scintilla può talvolta durar meno di* 1000000^{esimo} *di secondo*, anzi assai meno probabilmente. Ma quanto disse lo stesso fisico sulla influenza della tensione ha bisogno di essere notevolmente modificato.

7°. Si possono conservare nell'apparecchio di Lane, e in quello nostro a scintilla che illumina il disco, gli stessi valori per le distanze esplosive, ossia per le distanze reciproche fra le estremità dei conduttori fra le quali deve scoccar la scintilla, ed invece si può variare con un altra bottiglia aggiunta a quella di Lane la quantità della carica; oppure si può variare con dei fili conduttori la resistenza del circuito.

In questi casi, non variando le distanze esplosive, la tensione indicata dall'elettrometro rimane sensibilmente la stessa;

Digitized by Google

ciò che varierà sarà il numero dei giri che dovrà fare il disco della macchina elettrica per caricare l'apparecchio fra una scarica e l'altra. Non oso però asserire che tale costanza della tensione indicata dall'elettrometro si verifichi con rigore matematico adoperando maggiori delicatezze di misure, ed esperimentando tutti i casi possibili di combinazioni fra i valori delle distanze esplosive, e le resistenze dei circuiti, e le quantità delle cariche; solamente dico che per il grado di esattezza qui richiesto, e nelle condizioni generali in cui ero, ciò assai esattamente si verificava.

La distanza esplosiva nell'apparecchio a scintilla era in un caso di $0^m,003$ e quella nell'opparecchio di Lane di $0^m,01$. Avverto che quando la prima di quelle distanze è maggiore della seconda, succedono delle scintille nell'apparecchio di Lane senza che esplodino tutte le volte nell'altro apparecchio; e ciò ho sempre schivato che fosse per non recar dubbii nelle conseguenze a dedursi dalle esperienze.

8°. Stando dunque le cose disposte come abbiamo detto nel precedente paragrafo, si osservavano i tratti lucidi del disco illuminati dalla scintilla quando non vi era che la carica della sola bottiglia di Lane e pochi metri di filo, grosso un millimetro, nel circuito; ed allora, come già lo abbiamo detto, il risultato dell'esperienza ci diceva che la durata della scintilla era per l'apparecchio quasi insensibile. Poi senza variare null'altro, si aggiungeva alla bottiglia di Lane un'altra bottiglia di 1200 centimetri quadrati per ogni armatura. Allora le immagini dei tratti lucidi erano immensamente differenti da quel che erano nella esperienza precedente, con una sola bottiglia di Lane. Quest'ultima volta, in luogo di comparire distinti e ben definiti i tratti lucidi nei loro bordi, non si vedeva nel microscopio che una luce sola intensa ed uniforme illuminare il campo, senza indizio di linee più lucide o più scure, se la distanza dell'apparecchio a scintilla dal disco era di uno a due o tre centimetri solamente; se poi si diminuiva la vivacità della luce nel microscopio, allontanando la scintilla, oppure diminuendo la tensione col diminuire la distanza esplosiva nell'apparecchio di Lane, non si vedeva più una luce

Digitized by Google

troppo intensa ed uniforme nel campo del microscopio, ma si osservavano di nuovo i tratti lucidi separati fra di loro. Ma le immagini di tali tratti non erano più come prima, vale a dire coi bordi irregolari ma ben disegnati, e separati da intervalli neri; in luogo di ciò si vedevano nel campo del microscopio delle striscie lucide, nei bordi delle quali spesso non vi era quasi più alcuna traccia delle irregolarità dei bordi dei tratti, di cui esse erano la immagine alterata in forza della durata maggiore della scintilla; ed una luce più debole quasi sempre decrescente o sfumata nel senso del moto del disco, e alle volte uniforme, copriva l'intervallo fra i tratti lucidi che prima era perfettamente scuro. Tuttociò dimostrava assai bene che la durata della scintilla era ben superiore al tempo impiegato dal disco per fare diversi gradi. Non credei importante l'occuparmi della misura di tal durata, e mi rimase solo la convinzione ch'essa non fosse in quel caso minore di un 10000^{esimo} di secondo.

Si può dunque asserire *che la tensione rimanendo costante, varierà grandemente la durata della scintilla, variando il rapporto fra la tensione e la carica*.

9°. Osservai però sempre che *al diminuire delle distanze esplosive aumentava la durata della scintilla.*

Ed anche nel caso del paragrafo 6°, cioè nel caso di pochi metri di filo in circuito, pure a forza di diminuire la distanza esplosiva, osservando le immagini dei tratti lucidi si arrivava a concludere che aumentava, rendendosi alla fine sensibile, la durata della scintilla. Ma è da osservare che diminuiva in quest'ultimo caso molto probabilmente almeno anche il rapporto fra la tensione e la carica. Con un apparecchio migliore si potrà studiar meglio anche questo dettaglio della questione.

10°. Ma quale è in questa esperienza la influenza della resistenza del circuito? Io avevo creduto probabile che un aumento di resistenza molto influisse sulla durata della scintilla; ma le seguenti esperienze mi tolsero d'errore.

Cominciai con un circuito di pochi metri di filo di un millimetro di diametro, e con le anzidette distanze esplosive nel modo ordinario, non però inferiori a due millimetri. In tali

Digitized by Google

condizioni avevo già osservato che era insensibile, o quasi insensibile, la durata della scarica. Allora aggiunsi al circuito un tratto variabile da pochi centimetri fino ad un metro di acqua, adoperando grandi recipienti. In questo caso la resistenza aggiunta era enorme, valutandola in metri di filo di rame di un millimetro, ma nulladimeno i tratti lucidi del disco apparivano quasi come se il disco fosse stato fermo. Invece di acqua adoperai alcool, e del canfino, ed allora non fu notevole ma più sensibile che con l'acqua l'aumento di durata nella scarica. Ben però si intende che l'aumento di resistenza diminuiva grandemente la luce della scintilla.

Levai ogni liquido dal circuito, e vi misi sei metri di filo di argento grosso $0^{mm},03$, i quali sei metri equivalevano in resistenza, a non meno di mille metri di filo di rame di un millimetro in diametro; nulladimeno l'apparecchio non potè accusarmi maggior aumento, che nei casi precedenti, della anzidetta durata. Dello stesso filo di argento ne misi cinquanta metri in circuito, in luogo di sei; e le apparenze dei tratti lucidi mi accusarono una notevole durata della scintilla. Levato quel filo sottile, ne misi in suo luogo cinquanta metri pure di filo di rame grosso un millimetro, e l'apparecchio mi accusò lo stesso sensibile aumento nella durata della scintilla, che ebbi col filo di argento lungo pure cinquanta metri. Solamente la intensità della scintilla variò nei due casi; ma a questo rimediavo nell' apparecchio facendo variar la distanza della scintilla dal disco ruotante.

Misi in circuito 500 metri di filo di rame di un millimetro, e il fenomeno che accusa nell' apparecchio la durata della scintilla apparve cospicuamente, e con apparenze che qui più avanti descriveremo.

Frattanto dal sin qui detto risulta che *la durata della scintilla è ben lungi dall' essere proporzionale alla resistenza del circuito, ma che però,* almeno nelle circostanze sopraccennate, *aumentar può con la lunghezza del circuito stesso.*

Accennerò, che se nelle esperienze ultime citate, oltre a quei fili di rame o di argento ponevo in circuito un liquido, tale aggiunta non modificava le apparenze del fenomeno, fosse o nò il caso in cui era sensibile la durata della scintilla, e diminuiva soltanto la luce della scintilla.

Digitized by Google

Aumentare la lunghezza del circuito, diminuire il rapporto fra la tensione e la carica, sono dunque i mezzi che riconobbi sin ora più efficaci per aumentare tale durata. Ma quando la durata della scintilla sia tale da recar danno alle esperienze, come quando si vuole apprezzar la velocità della scarica, si può rimediarvi aumentando le distanze esplosive delle quali abbiamo parlato, o, ciò che probabilmente è lo stesso, aumentando il rapporto fra la tensione e la carica.

Per asserire la esistenza di altri fatti, ossia di altre particolarità del fenomeno, sarà d'uopo avere un apparecchio migliore; ma stimerei però probabile, per le osservazioni che ho sin qui fatte, che al di là di un certo limite nella lunghezza del circuito, di ben poco, ossia lentamente, non proporzionalmente ai successivi aumenti di lunghezza nel circuito, avesse ad aumentare la durata della scintilla. In ogni modo il fenomeno che è cagione di quella durata, non ha bisogno per prodursi con grande evidenza che di piccol tratto di filo; per esempio cento metri gli sono più che sufficienti.

Osservazioni sulle diverse fasi della scintilla.

11°. La determinazione della durata della scarica non si può fare che entro limiti, i quali non solo dipendono dalla intensità delle immagini, e dalla delicatezza dell'apparecchio, ma dipendono ancora dalla varia sensibilità dell'occhio dell'osservatore. La scarica non conserva una intensità uniforme in tutto il tempo della sua durata, e, probabilmente, essa termina sempre con un debole residuo che impiega ad estinguersi un tempo grande, relativamente a quello in cui la scarica ritiene una considerevole intensità; e perciò in un gran numero di casi il residuo della scintilla sfugge per la sua debolezza all'osservazione, e la durata del fenomeno può forse risultare di gran lunga minore del vero.

Ma oltre ciò, oltre le fasi di varia intensità con le quali procede la scintilla nella sua totalità, il nostro apparecchio fa agevolmente rimarcare i fatti seguenti:

a. La scintilla totale, cioè quella che vediamo ordinariamente scoccare, si compone di molte scintille parziali, le quali

Digitized by Google

l'una dopo l'altra si succedono, ad intervalli di tempo piccolissimi ma finiti.

b. L'intervallo di tempo fra una scintilla parziale e la sua seguente è variabile, ma spesso è molto maggiore del tempo necessario all' elettrico onde percorrere tutto il circuito conduttore.

c. La scarica totale non comincia dal suo massimo di intensità, ma va rapidissimamente crescendo, di modo che in molte esperienze si giudicherebbe che essa partisse dal suo maggior valore; ma in tale massimo valore essa poco persiste, relativamente alla sua intiera durata, e quindi diminuisce dapprima rapidamente e poi, dopo un certo tratto, seguita a decrescere, ma con legge meno rapida, e poi più lentamente, e quasi in modo uniforme verso la fine.

Tutto questo si può nel modo seguente verificare.

12°. Mi posi nelle condizioni da avere una scintilla di lunga durata; e sappiamo quali sono tali condizioni. Ebbi cura di moderare od aumentare la luce della scintilla, a seconda dei casi, modificando la distanza di essa dal disco. Ecco quali osservazioni potei facilmente fare.

a'. Nelle immagini dei tratti lucidi della graduazione del disco (quando questo ruotava) la intensità della luce nel senso della larghezza dei tratti non era uniforme; ma andava a mano a mano diminuendo, seguendo la direzione del moto del disco, dapprima rapidamente e poi più lentamente, fino a perdersi a poco a poco in una sfumatura. Nella direzione della lunghezza dei tratti, cioè del raggio del disco, la luce era uniforme; infatti il moto del disco essendo nullo secondo il suo raggio, l' alterazione dell' immagine di ogni tratto non poteva avvenire che nel senso stesso della sua periferia, ossia normalmente alle direzioni dei tratti lucidi, o gradi, del disco.

Il massimo però di intensità in ogni immagine dei tratti, non era mai precisamente sul bordo dell'immagine opposta al bordo che rimaneva sfumato, e indistinto, come l' abbiamo detto. Anche quest'altro bordo cominciava con una sfumatura, spesso notevole, ma che generalmente avea poca ampiezza; di modo che il detto massimo era molto più vicino ad un bordo

Digitized by Google

che all'altro della striscia luminosa osservata, ed era più lontano al bordo che rimaneva avanti al primo nel senso del moto del disco. Quest'ultimo bordo era molte volte (quando per esempio le distanze esplosive non eran troppo piccole) così netto come appariva a disco immobile; cioè non era sensibile la sfumatura.

b'. Se la velocità del disco era moderata, per esempio non maggiore di cento giri al secondo, od anche meno, la luce della detta immagine non variava con legge di continuità, ma discontinuamente, sempre nel senso della sua larghezza; e l'immagine del tratto trasparente del disco era simile a quella che si otterrebbe dipingendo sopra un campo nero una striscia leggermente giallognola di una certa larghezza, ma fatta con tinta diluita molto, di modo che fosse appena visibile sul campo nero; e poi su questa prima striscia facendone un'altra di larghezza minore della prima, in guisa che i bordi delle due striscie sovrapposte, restando paralleli fra di loro, non coincidessero; e poi su questa seconda similmente dipingendone una terza più stretta della seconda, e così via, via; avendo cura che le linee mediane di ciascuna striscia, nel senso delle lunghezze di queste, non fossero coincidenti, ma fossero tutte più vicine ad un bordo che all'altro della intiera immagine. In tal modo, in quella dipintura, la distanza fra i bordi delle strisce sarebbero più grandi, più evidenti, da una parte, la destra, p. es. dell'osservatore, che dall'altra della striscia totale formata dalla sovrapposizione di quelle prime; dall'altra parte i bordi sarebbero meno distinti per le striscie parziali; e, per imitare, quel che vedevo al microscopio dovrebbero coincidere talvolta nei bordi che rimangono alla sinistra dell'osservatore, e talvolta essere, per il caso più comune, vicinissimi fra di loro costituendo una sfumatura stretta assai, senza potervi distinguere facilmente una discontinuità. Così, in quella dipintura, verrebbe il massimo di intensità della tinta vicino al bordo della immagine che rimarrebbe alla sinistra dell'osservatore.

c'. Quando la velocità del disco era la sua normale, di 240 giri, non distinguevo più tali striscie parziali; ma talvolta una luce fortissima mi empiva il campo senza lasciarmi giudicar d'altra cosa; talvolta, quando moderavo la luce della

Digitized by Google

scintilla, invece di vedere una striscia luminosa e uguale di intensità in ogni suo punto, sopra un campo nero, come quando il disco era fermo, vedevo una striscia più pallida assai di quella, ma sopra un campo illuminato, più debolmente sì, ma in un modo uniforme. Finalmente mi accadeva ancora di vedere quest'ultima apparenza del fenomeno, cioè di vedere un campo illuminato uniformemente, ma di vederla con una sola striscia luminosa e composta come descrissi più sopra; il che evidentemente voleva dire che le immagini, date da ciascun tratto lucido del disco, venivano in questi ultimi casi a sovrapporsi per lo spazio di non pochi gradi del disco.

L'apparire di una striscia luminosa ben distinta nei bordi come quasi se il disco fosse fermo, ma sopra un campo chiaro, quale lo abbiamo qui sopra descritto, ci prova che *la durata della intensità massima della scarica è piccolissima in confronto della intiera durata della scarica stessa*.

13.° Quando il filo conduttore in luogo di compiere un sol giro si avvolgeva attorno ad un rocchetto, era da attendersi che le induzioni fra le diverse parti del filo valessero a produrre delle scintille secondarie, le quali potessero dare la spiegazione di alcuni dei fatti descritti; ma tali fatti avvengono con un circuito di cinquanta metri o cento metri, come con uno di 500 o di mille metri, avvolto o no in spirale. Un apparecchio meglio costruito potrà decidere a rigore di tutto ciò; ma nell'esperienze che potei fare non mi accorsi che facesse nel fenomeno differenza sensibile, l'essere un circuito di cento metri avvolto sopra il rocchetto, oppure appeso a dei fili di seta lungo il mio laboratorio, facendo un sol giro.

Certo è che se si fa attraversare dalla scarica il filo sottile ed isolato, con molti e grossi strati di vernice, del rocchetto di Rumkorff, le scintille delle induzioni successive del filo sono ben distinte dal nostro apparecchio. Ma il fenomeno è in questo caso ben diverso dal primo: prima non ho mai veduto in luogo di una striscia sola, come a disco fermo, tante striscie affatto separate fra di loro e non sovrapposte: prima, se il disco non faceva almeno cento giri al secondo, il fenomeno dell'aumento di durata della scintilla era poco o nulla sensibile.

Digitized by Google

Ma nel caso del rocchetto di Rumkorff bastava che adagio, adagio, facessi muovere il disco, posando un dito sul suo bordo per vedere le striscie parziali separate affatto fra di loro da intervalli neri. Quattro o cinque di tali striscie si potevano contare facilmente, ma la loro successiva diminuzione di intensità e il piccol campo del microscopio impediva di contare le altre. Così dunque non bisogna confondere la causa del fenomeno facilmente osservabile anche senza il mio apparecchio nel rocchetto di Rumkorff, con la causa ancora ignota del modo *successivo* col quale avviene la scarica in un conduttore.

Nel rocchetto Rumkorff il tempo che decorre fra l'istante della prima scarica diretta e la fine dell'ultima delle scariche, nate da induzioni successive, è assai lungo e se non è un secondo poco forse vi manca; e ben evidentemente quel tempo dipende dalla lunghezza del filo e dallo strato che lo isola. Quando il disco gira con grande velocità non si vedono più ad un tempo le molte striscie che nascono dalle induzioni successive, una o due soltanto di quelle cadono nel campo del microscopio, ma possono esse presentarsi con i loro bordi ben definiti e distinti; il che sempre più induce a credere che la durata della scintilla oltre a un certo limite non aumenti più con la lunghezza del circuito, e che non dipenda notabilmente da ciò che si chiama *lunghezza ridotta*.

Esperienze sulla velocità dell'elettrico.

14°. Per rendere atto l'apparecchio a questo ultimo genere di ricerche, vi feci la seguente aggiunta:

Presi due lastre di vetro rettangolari larghe $0^m,02$ e lunghe $0^m,20$; le verniciai con gran cura, e poi con esse e con altre due lastrine più corte, e larghe $0^m,01$, feci un piccolo telajo rettangolare; cosicchè le lastrine che erano uguali fra di loro restavano pure fra di loro parallele, e, di più, il verso della loro larghezza restava nel piano del telajo da esse formato.

Poi presi una sottile foglia di mica, lunga $0^m,05$ e larga un poco più di quelle lastre di vetro più lunghe, e la incollai sopra una di queste ultime, in modo che un suo bordo sopravanzasse di circa mezzo centimetro e rimanesse parallelo al bordo della lastrina di vetro, che formava uno dei due bordi più lunghi ed esterni del telajo.

Digitized by Google

Sul bordo della foglia di mica, sporgente dal telajo, incollai una piccola foglia di stagnuola, a un dipresso lunga $0^m,04$ e larga $0^m,003$; e una simile foglia di stagnuola incollai pure sull' altra lastra di vetro del telaio, quella che era parallela a quella che avea la mica, parallelamente alla prima ed alla stessa altezza ed incollata sulla stessa faccia del telajo; cioè incollata sulla stessa faccia del telaio sulla quale era stata fissata la mica. Le due stagnuole erano state poste in modo che fra i piani paralleli al telajo, e che passavano per esse, rimaneva la mica, che pure era parallela a quei piani. Si osservi poi che le due stagnuole rimanevano fra di loro distanti anche nel senso della larghezza del telajo, e che erano fra di loro isolate; isolate non solo perchè erano su vetro e mica verniciata, ma perchè fra le loro due lastre di vetro correva un certo intervallo di aria.

Collocai questo telajo col suo piano normalmente a quello del disco, e in modo che la lamina di mica rimanesse dalla parte del telajo che era la più vicina al disco, e passasse col suo piano per l'asse ottico del microscopio.

Disponendo così la lamina di mica a diverse distanze dal disco, osservavo al microscopio una linea oscura che passava per il mezzo del campo; questa linea non era mai esattamente definita, perchè era la immagine del bordo della lamina di mica; il qual bordo era più lontano dal microscopio della graduazione del disco, la quale era al fuoco dell'istrumento. Quando la luce della finestra della camera batteva obliqua sul microscopio, e perciò obliqua sulla mica, allora osservavo il detto campo per metà oscuro, e per metà chiaro.

La sottile linea oscura, che divideva in due parti uguali il campo del microscopio, era normale alle immagini dei tratti trasparenti del disco.

Ci si ricorda che avevamo due apparecchi a scintilla. Or uno di questi lo mettevo da una parte del telajo, e l'altro dall'altra parte. Ognuno di questi apparecchi aveva, come già si disse, due aste orizzontali conduttrici isolate fra di loro: ora ognuno di questi due apparecchi aveva una delle sue aste conduttrici in comunicazione con una di quelle stagnuole del telajo, e l'altra asta dello stesso apparecchio era a distanza, piccola ma variabile, dalla stessa stagnuola. Poi le altre estremità delle

Digitized by Google

aste conduttrici, lontane dal telajo, erano in comunicazione coi fili del circuito conduttore; il quale circuito, per mezzo di tale disposizione dell'apparecchio, era interrotto in tre punti, nei quali scoccavano contemporaneamente tre scintille; l'una al bottone dell'armatura interna dell'apparecchio di Lane; l'altra a poca distanza dalla prima (distanza misurata sul filo) fra una stagnuola e la estremità di un'asta di un apparecchio a scintilla; e la terza scintilla esplodeva nel mezzo del circuito, fra l'altra stagnuola e la estremità dell'altra asta conduttrice del secondo apparecchio a scintilla. La prima scintilla esplodeva fuori dell'apparecchio, ma le ultime due scoccavano in due punti prossimi all'asse del microscopio, ad ineguali distanze dall'obiettivo. Nessuna di queste due scintille poteva illuminare da se sola l'intiero campo del microscopio, perchè fra di loro vi era il piano opaco del piccolo telajo, parallelo all'asse dell'istrumento; l'una illuminava la metà del campo che rimaneva da un lato della linea opaca; l'altra illuminava l'altra metà: e quando scoccavano insieme, e il disco era immobile, le immagini dei tratti trasparenti del disco si presentavano come nelle anzidette esperienze allorchè il disco era parimente fermo; eccetto che una metà dell'intero tratto lucido veduta al microscopio, era più pallida dell'altra metà, e la intera immagine divisa nel suo mezzo da una sottile linea opaca.

Allorchè si osservava al microscopio, e che il disco aveva tutta la sua velocità di ruotazione, la immagine del tratto trasparente del disco non compariva più come se una delle sue metà fosse il prolungamento dell'altra. Quella metà della immagine che era dovuta alla scintilla che esplodeva prima dell'altra, non poteva coincidere nel campo del microscopio con quell'altra metà dovuta a quella seconda scintilla. Così tenendo conto del valore dello spostamento fra le immagini delle due metà, e sapendo la direzione e la velocità del moto di ruotazione del disco, si poteva sapere il tempo decorso fra l'una e l'altra scintilla.

15°. Cominciai con 500 metri del sottil filo di rame del telaio fisso al muro, e descritto nel paragrafo 5°; ed avevo la scintilla del luogo di mezzo del circuito lontana 250 metri dalla

Digitized by Google

armatura esterna dell'apparecchio di Lane, e dalla scintilla che esplodeva presso l'armatura esterna, ed ecco quali risultati allora ottenni.

Non ebbi mai risultati costanti; perchè talvolta le due metà dello stesso tratto lucido avevano i loro bordi sulla stessa linea, cioè non appariva differenza di tempo fra le due scintille; talvolta vi era lo spostamento, ma ora in un senso, ora in un altro, cosicchè talora era la scintilla di mezzo che scoccava la prima, talora scoccava prima di quella la scintilla all'armatura vicina all'interna: così dunque non solo non si poteva nulla concludere, ma esisteva una causa di errore che bisognava spiegare. E tale spiegazione non fu difficile.

Mentre gira il disco della macchina elettrica, e che perciò aumenta, grado a grado, la tensione elettrica della pallina dell'armatura interna dell'apparecchio di Lane, aumenta pure in simile modo la tensione elettrica nella estremità del filo del circuito che sta di fronte a quella pallina stessa. Un simile aumento di tensione, ad un capo del circuito, genera, ben evidentemente, un proporzionato aumento nelle elettricità di nome contrario che stanno pure accumulandosi, in presenza l'una dell'altra, nel luogo di mezzo in cui il circuito fu interrotto. Siccome poi le distanze esplosive all'estremo e nel mezzo del filo conduttore non sono uguali fra di loro (e non sarebbe stato facile il garantirsi contro una piccola differenza di distanza che avrebbe nulladimeno influito nel fenomeno) così può spesso avvenire che quando la tensione nell'apparecchio di Lane è infinitamente prossima al suo massimo valore, ma non lo ha ancora raggiunto (per una fra le tante piccole cose che, oltre una varia distanza esplosiva, possono narrarsi, ma dalla cui influenza non ci si può mai esattamente difendere in simili casi) prima che nell'apparecchio di Lane scocchi una scintilla nel luogo di mezzo del circuito. Quando la tensione nell'apparecchio di Lane è lontana dal suo massimo valore, ciò non provoca la scarica; ma in caso contrario la scintilla nel mezzo determina la scarica, e prima di questa scocca o comincia; e in ogni modo ciò turba la regolarità che si credeva poter osservare nel fenomeno.

Il non veder nulla citato di simil causa di errore nella

Digitized by Google

memoria di Wheatstone mi indusse bensì a credere che, probabilmente, non mi sarebbe stato difficile lo scegliere le distanze esplosive in modo da non veder più tale irregolarità nelle apparenze del fenomeno, ma nulladimeno stimai per parte mia più prudente escluderne la possibilità. E poi volevo poter variare i valori delle diverse distanze esplosive nel circuito, a mio piacere nelle diverse esperienze. Per causa di tutto ciò risolsi di modificare il mio apparecchio nel modo seguente, il quale mi par molto più semplice del precedente, e che essendo nuovo, ci darà almeno per questo genere di esperienze, qualche istruzione di più.

16°. Attorno ad un cilindro di vetro di $0^m,70$ in altezza, e di $0^m,09$ in diametro, avvolsi 150 giri all'incirca di filo di rame, scoperto e grosso un millimetro, lasciando almeno $0^m,004$ fra le sue spire; e attorno ad un altro cilindro di $0^m,07$ in diametro feci un'altra simile spirale. Il cilindro più sottile entrò comodamente in quello di maggior diametro; formando così due spirali cilindriche concentriche, isolate fra di loro.

La spirale esterna comunicava con un lungo circuito con gran cura isolato dal suolo; e la interna comunicava con le due armature dell'apparecchio di Lane. Nel mezzo del circuito della prima spirale, che era la indotta, stava l'apparecchio a scintilla; la quale scintilla scoccava per l'induzione esercitata dalla scarica della bottiglia di Lane, che circolava nella spirale interna, la inducente.

Cominciai con assicurarmi che quando il circuito aggiunto alla spirale indotta era di uno o due metri solamente, l'apparecchio non accennava ritardo sensibile fra le due scintille; l'una delle quali era la indotta, l'altra la inducente, e scoccavano nei due apparecchi a scintilla isolati fra di loro. Quindi aggiunsi il circuito dei rocchetti, ed il ritardo della indotta si rese subito palese, mantenendosi costante, senza tutte quelle irregolarità che avevamo dapprima notate.

Gran vantaggio ha questa disposizione esperimentale, relativamente a quella che dianzi abbandonai. Perchè il circuito sul quale si valuta la velocità dell'elettrico non è interrotto che in un suo punto solo; e perchè ora si devono tenere lontani

Digitized by Google

fra di loro gli apparecchi a scintille, onde avere intensità uguali nelle due metà delle immagini dei tratti trasparenti del disco; e perciò non vi è a temere un' influenza reciproca fra le parti dei circuiti che compongono gli apparecchi a scintilla; e tale influenza avrebbe potuto essere sospettata cagione di errore, nella valutazione del fenomeno. Nel tempo in cui il disco ruotava, conservando una velocità costante, la macchina elettrica agiva con bastante energia, per darmi almeno quattro scintille indotte. E mantenevo la macchina in buono stato spargendo di amalgama discretamente molle i cuscinetti, che erano stati un poco spalmati con sevo perchè l'amalgama vi aderisse. E dopo ciò versavo sopra ogni guancialetto una sessantina di goccie di canfino. Il disco di questa macchina avea il diametro di $1^m,00$ ed era mantenuto sufficientemente pulito stropicciandolo con un panno bagnato di alcool rettificato.

Quando la carica era molto forte, e che perciò non potevo approfittare che di una sola scintilla durante la ruotazione uniforme del disco ruotante, facevo prima di tutto agire la macchina elettrica; ed attendevo, per lasciare libera la ruotazione del disco, che l'elettrometro mi indicasse prossima la scarica dell'apparecchio di Lane.

Spesso la diffusione della luce in forza della durata della scintilla, indotta od inducente, nuoceva nella esperienza; perchè non comparivano i bordi delle immagini dei tratti lucidi abbastanza definiti per lasciar giudicare dello spostamento delle due metà della stessa immagine; allora modificavo le distanze delle due scintille dal microscopio, ed arrivavo sempre ad avere un bordo almeno dell' immagine del tratto lucido assai ben chiaro e definito per poter valutare il fenomeno, quanto era possibile con un apparecchio così a stento preparato.

17.° Veniamo ora ai resultati di queste ultime esperienze. Osservando le immagini delle due scintille, le quali erano ciascuna una delle due metà delle immagini visibili nel campo del microscopio dello stesso tratto lucido, cercavo di valutare in frazioni dell' ampiezza dell' immagine dello stesso tratto, quale appariva allorchè il disco era immobile, di quanto l' una metà avanzava l'altra con lo stesso bordo. Conoscendo poi, come già

Digitized by Google

lo abbiamo detto, la larghezza del tratto lucido, ne concludevo la frazione di grado a cui corrispondeva tale spostamento. Sia s il denominatore di tale frazione, della quale il numeratore sia l'unità, ed avremo

$$\frac{1''}{240 \cdot 360\, s}$$

per la frazione di secondo alla quale equivale il ritardo di una scintilla relativamente all' altra. Sia l la distanza in metri misurata sul filo, della scintilla indotta dai capi della spirale indotta, ed avremo

$$t = \frac{1000 \cdot 1''}{240 \cdot 360 \cdot s. \, l.}$$

per il tempo t necessario all'elettrico onde percorrere un chilometro. Ossia si avrà

$$t = \frac{10 \cdot 1''}{864 \cdot s \cdot l} .$$

È naturale che io debba attendere di potere ripetere le esperienze con miglior apparecchio, prima di indicare il numero che ne risulterebbe dal mio metodo; nulladimeno dico che per ora le esperienze già fatte mi condurrebbero a credere non molto lontano dal vero il numero che fu già indicato da Wheatstone.

Per un esempio, scelgo una esperienza che mi ha dato un resultato medio fra le altre. Lo spostamento fra i bordi delle metà di uno stesso tratto lucido, e che rimanevano dalla stessa parte del tratto, a sinistra dell'osservatore nel nostro caso, non pareva dover equivalere a più di $\frac{1}{5}$ della grandezza del tratto. Un terzo di un tratto lucido è l' undecimo circa del grado nel disco dell' esperienza. Così se nella formulina qui sopra citata si pone $s = 11$, $l = 510$, si trova che in un secondo il moto elettrico farebbe non meno di 484704 chilometri.

18. La speranza, lontana però, che nei metalli la velocità anzidetta si conservasse proporzionale alle loro così dette conducibilità, mi condusse a provare almeno col ferro, e con le spirali di ferro già descritte.

Digitized by Google

E in questo secondo caso, col ferro, l'apparecchio mi indicò incontestabilmente una velocità minore che nel rame, ma era ben lungi dal risultarmi che nel ferro la velocità dell'elettrico fosse nello stesso rapporto delle respettive conducibilità in que' stessi metalli. Già nelle esperienze di Fizeau e Gonelle si era avvertito un fatto simile. E ciò mostra che se, per cagioni che già abbiamo citate, non si può con galvanometri precisare in senso assoluto le velocità dell'elettrico, pure è probabile che si possano esattamente determinare i rapporti fra le diverse velocità nei varii conduttori.

Così per il ferro avevo $l = 120$ metri; e mi pareva che il valore di s equivalesse circa ad un trentesimo di grado; onde $s = 30$. Ciò posto si avrebbe che nel ferro l'elettrico non percorrerebbe meno di 311040 chilometri in un secondo. Fizeau e Gonelle ebbero 180000 per il rame, e 100000 per il ferro.

Ma ben si vede che se avessi almeno avuto un microscopio con apposito micrometro all'oculare, avrei potuto dare misure più certe.

19°. Per esperimentare su diversi metalli avrei dovuto incontrare spese per me troppo forti; perchè il diametro del filo che forma il circuito indotto, ove si misura la velocità in questione, deve esser assai forte, non minore almeno di tre millimetri; onde la troppo grande resistenza del circuito non affievolisca troppo la vivacità della scintilla. D'altronde avevo da sperare che quando l'apparecchio fosse da abile artefice costruito, e migliorato fors' anche nella disposizione delle sue differenti parti, avrei potuto misurare il fenomeno facendo uso di assai meno che di 500 metri di filo.

Non ho potuto esperimentare col metodo di Wheatstone; ma pure, stando alla breve descrizione che quel fisico fece del suo apparecchio e delle sue esperienze, mi pare che il nostro apparecchio non debba almeno comportar minore esattezza del suo, per questo genere di ricerche; oltrechè il nostro apparecchio fu atto alla dimostrazione di molti fatti ancora non avvertiti, tuttochè fosse imperfetto nella sua costruzione.

Digitized by Google

Continuazione e fine della Memoria: Intorno alle strie degli spettri stellari; di G. B. Donati.

Sirio.

Note

$\alpha = F\ \Theta - 15''$

$(r\,\alpha)$	=	1° 25′	40″	α bellissima; larga 50″.
$(\alpha\,\beta)$	=	1 6	37	β bellissima; larga 80″ doppia.
$(\beta\,\gamma)$	=	0 42	27	γ larga quanto α; poco visibile.
$(\gamma\,\upsilon)$	=	0 20	17	

Wega.

$\alpha = F\ \Theta + 40''$

$(r\,\alpha)$	=	1° 17′	15″	α bellissima; larga 40″.
$(\alpha\,\beta)$	=	1 7	56	β bellissima; larga 60″.
$(\beta\,\gamma)$	=	0 34	55	γ molto larga; poco visibile.
$(\gamma\,\upsilon)$	=	0 10	18	

Procione.

$\alpha = F\ \Theta - 33''$

$(r\,\alpha)$	=	1° 18′	55″	α ben visibile; larga 15″.
$(\alpha\,\beta)$	=	1 5	30	β appena visibile.
$(\beta\,\gamma)$	=	0 37	1	γ poco più larga di α; appena visibile.
$(\gamma\,\upsilon)$	=	0 9	32	

Regolo.

$\alpha = F\ \Theta - 60''$

$(r\,\alpha)$	=	1° 8′	30″	α nettissima; larga 20″.
$(\alpha\,\beta)$	=	1 6	17	β visibile a intervalli.
$(\beta\,\upsilon)$	=	0 30	55	

Digitized by Google

Fomalhaut.

Note

$\alpha = F\ \Theta - 55''$

$(r\alpha) = 1^0\ 1'\ 44''$
$(\alpha\upsilon) = 1\ 10\ 36$

α bella; larga 35″.

Castore.

$\alpha = F\ \Theta - 30''$

$(r\alpha) = 1^0\ 9'\ 43''$
$(\alpha\beta) = 1\ 2\ 4$
$(\beta\upsilon) = 0\ 30\ 9$

α bellissima; larga 40″.
β bellissima; larga 60″.

Altair.

$\alpha = F\ \Theta + 5''$

$(r\alpha) = 1^0\ 13'\ 42''$
$(\alpha\beta) = 1\ 6\ 3$
$(\beta\upsilon) = 0\ 24\ 23$

α bella; larga 20″.
β poco netta, poco visibile; larga 40″.

Capra.

$\alpha = F\ \Theta - 2'\ 40''$

$(r\alpha) = 1^0\ 21'\ 1''$
$(\alpha\beta) = 0\ 31\ 55$
$(\beta\gamma) = 0\ 34\ 35$
$(\gamma\upsilon) = 0\ 23\ 36$

α sottilissima; bene osservata.
β e γ visibili a mala pena; osservazioni incerte.

Arturo.

$\alpha = F\ \Theta - 29'\ 22''$

$(r\alpha) = 0^0\ 51'\ 26''$
$(\alpha\beta) = 0\ 44\ 27$
$(\beta\upsilon) = 1\ 6\ 23$

α sottilissima; visibile a stento.
β difficilissima a vedersi.

Digitized by Google

Polluce.

α = F Θ — 28′ 42″ *Note*

$(r\,\alpha)$ =	0° 47′ 33″	α sottilissima; visibile a stento.
$(\alpha\beta)$ =	0 45 46	β difficilissima a vedersi.
$(\beta\,\upsilon)$ =	1 8 56	

Aldebaran.

α = F Θ — 29′ 29″

$(r\,\alpha)$ =	0° 50′ 39″	α bellissima; larga 30″.
$(\alpha\beta)$ =	0 29 40	β un poco più sottile dell' α; molto bella.
$(\beta\,\upsilon)$ =	1 4 17	

α di Orione.

α = F Θ — 30′ 35″

$(r\,\alpha)$ =	0° 50′ 19″	α bellissima; larga 40″.
$(\alpha\beta)$ =	0 17 24	β bellissima; larga 50″.
$(\beta\gamma)$ =	0 16 51	γ sbavata; ben visibile.
$(\gamma\,\upsilon)$ =	0 57 18	

Antares.

α = F Θ — 33′ 28″

$(r\,\alpha)$ =	0° 47′ 20″	α bella; larga 30″.
$(\alpha\beta)$ =	0 18 17	β assai bella; larga 20″.
$(\beta\,\upsilon)$ =	1 5 45	

Se si confrontano le posizioni da me ottenute per le strie delle varie stelle colle indicazioni date da Fraunhofer, si vedrà che vi sono delle differenze grandissime. Egli dice, per esempio, che in Sirio vi è una bellissima stria nel verde, laddove io trovo questa stria in una parte dello spettro che corrisponde al colore

Digitized by Google

azzurro. Dice pure che negli spettri di Polluce, della Capra, della α di Orione e di Procione ha osservato una stria avente la medesima posizione della stria D del Sole; mentre io non ho mai potuto vedere una tal linea. Da che cosa questa differenza? Io credo che possa attribuirsi alla cagione seguente. Negli spettri stellari che si ottengono per fare tali esperimenti, non si ha tanta luce da poterne veramente distinguere i differenti colori, e se si eccettua un poco di rosso che si vede nella parte meno rifratta degli spettri, questi appariscono di una tinta *lavanda* quasi uniforme in tutta la loro lunghezza, la quale è sempre molto più piccola di quella dello spettro solare ottenuto nelle medesime condizioni, a causa della gran differenza di luce che passa fra il sole e le stelle. Se quindi la posizione di una stria stellare non si misura, come ho fatto io, ma si stima soltanto riferendola ad una delle estremità dello spettro (come può supporsi che nella maggior parte dei casi abbia fatto Fraunhofer), è facilissimo di ingannarsi nel giudicare a qual parte colorata dello stesso spettro quella linea corrisponda, e di prender così una stria per un'altra. Ancora a me, al principio delle mie osservazioni, accadde di incorrere in tali inganni, fra i quali citerò il seguente. Dal confronto della distanza che passa fra l'estremo rosso dello spettro di Sirio e la sua stria α, colla distanza che passa fra l'estremo rosso dello spettro solare e la sua stria E, io aveva giudicato che la stria α di Sirio corrispondesse alla stria E del Sole, ma passato alle misure esatte riconobbi subito che la stria α di Sirio corrispondeva invece alla F del Sole.

Potrebbe invero esservi anche il caso che come le stelle cambiano di colore, così cambino di posizione le loro strie; o che io abbia potuto misurare certe strie che ora sono le più belle, e che nel tempo in cui osservò Fraunhofer fossero invece più cospicue, nelle varie stelle, altre linee differenti da quelle attuali (1). Il solo accennare a tali questioni credo che basti

(1) Fraunhofer, per esempio, non parla punto della difficoltà di osservare le strie della Capra, e dice che difficilissime a scorgersi sono le strie di Procione: ed io ho trovato invece molto difficili le misure delle strie della Capra, ed ho osservato in Procione una bella stria netta e cospicua più di tutte le strie che ho potuto veder nella Capra:

Digitized by Google

a provare di quale importanza possano essere le osservazioni di questo genere, ripetute in vari tempi colla necessaria esattezza. Sebbene io mi sia proposto di fare soltanto un rapido rapporto delle mie esperienze senza entrare nella parte speculativa e di applicazione, pur nonostante non posso fare a meno di fare fin d'ora le riflessioni seguenti.

Se si osserva la Tavola che dà le posizioni delle strie delle stelle relativamente alle posizioni delle strie solari, si vedrà che in 15 stelle da me osservate quasi tutte hanno una stria, la posizione della quale di pochissimo differisce dalla posizione della stria F del Sole. Sembra dunque potersi ammettere non senza ragione che la stria che ritrovasi in quasi tutte le stelle in vicinanza della stria F del Sole sia sempre la medesima; ma che sia in alcune stelle più ed in altre meno rifratta, perchè la luce delle varie stelle sia pure corrispondentemente dotata di una maggiore o di una minore rifrazione. Se questa ipotesi (che in parte concorda colle idee di Fraunhofer) fosse vera, ne conseguirebbe, per esempio, che la luce della Capra, ove è una stria che è rifratta 2' 40" meno che la stria F del sole, dovrebbe soffrire una rifrazione minore che la luce della Wega ove è una stria, la parte centrale della quale è rifratta 60" più della stria F del Sole: e quindi ne dovrebbe accadere che la declinazione di queste due stelle, osservate da due luoghi tali che la loro altezza sull'orizzonte apparisse molto diversa, dovrebbe resultare assai differente (1). Per riconoscere quanto questa mia idea potesse essere confermata dall'osservazione, mi son fatto a consultare due cataloghi; l'uno compilato sopra le osservazioni fatte a Cambridge da G. B. Airy durante gli anni 1828-1835 (2), e l'altro compilato sopra le osservazioni fatte al Capo di Buona Speranza

(1) Poichè la differenza di rifrazione che passa fra la stria α della Capra e la parte centrale della stria α della Wega è di 220"; e la rifrazione del raggio corrispondente alla linea F solare, attraverso il prisma da me adoperato, è di 51°. 13', ossia di 3073', mentre la rifrazione orizzontale nella nostra atmosfera è soltanto di 33'; ne segue che la differenza di rifrazione che nelle dette due strie potrà verificarsi a causa della rifrazione orizzontale atmosferica ascenderà a $^{33}/_{3073}$ di 220", lo che equivale a un angolo non trascurabile di 2", 36.

(2) *Memoirs of the R. Astr. Society.* vol. XI.

Digitized by Google

da Henderson durante gli anni 1832 e 1833 (1); e da questi due cataloghi ho estratto le posizioni seguenti per le stelle sulle quali io ho esperimentato.

NOME delle stelle	DECLINAZIONI MEDIE OSSERVATE A Cambridge pel 1850, 0	DECLINAZIONI MEDIE OSSERVATE al Capo di B. Speranza pel 1853, 0	MOTO PROPRIO annuo
Fomalhaut	— 30° 31′ 13″, 02	— 30° 30′ 19″, 1	— 0″, 166
Antares	26 2 46 , 81	26 3 14 , 3	— 0 , 034
Sirio	16 29 22 , 22	16 29 36 , 2	— 1 , 198
Spiga	10 16 15 , 60	10 17 13 , 7	— 0 , 040
Rigel	— 8 24 16 , 22	— 8 24 2 , 9	— 0 , 012
Procione	+ 5 39 14 , 65	+ 5 38 48 , 5	— 1 , 025
α Orione	7 22 3 , 72	7 22 7 , 1	+ 0 , 002
Altair	8 25 33 , 75	8 25 59 , 6	+ 0 , 380
Regolo	12 47 41 , 17	12 46 49 , 1	+ 0 , 006
Aldebaran	16 9 35 , 68	15 9 59 , 6	— 0 , 174
Arturo	20 4 16 , 41	20 3 18 , 0	— 0 , 985
Polluce	28 25 45 , 50	28 25 20 , 4	— 0 , 057
Castore	32 15 9 , 44	32 14 47 , 2	— 0 , 078
Wega	38 37 50 , 56	38 37 57 , 7	+ 0 , 282
Capra	+ 45 48 52 , 88	+ 45 49 8 , 1	— 0 , 425

Il moto proprio annuo corrispondente a ciascuna stella l'ho estratto dal secondo volume (pag. 199) degli Annali dell'Osservatorio di Parigi. Con questo moto proprio e con i valori dati nel rammentato volume (pag. 181) per calcolare la precessione in ascensione retta e in declinazione ho ridotto all'an-

(1) Ivi, vol. x.

Digitized by Google

no 1830 le posizioni osservate al Capo, ed ho ottenuto la seguente tabella:

NOME delle STELLE	DECLINAZ. MEDIE RIDOTTE AL 1830 OSSERVATE		ALTEZZE		DIFFER. Cambrid.
	A Cambridge	Al Capo	a Cambr	al Capo	Capo
Fomalhaut	−30° 31′ 15″, 92	−30° 31′ 15″, 84	7° 16′	86 55′	+1″. 94
Antares	26 2 46 , 81	26 2 48 , 52	11 44	82 27	+1 , 71
Sirio	16 29 22 , 22	16 29 23 , 03	21 18	72 33	+0 , 81
Spiga	10 16 15 , 60	10 16 16 , 72	27 31	66 20	+1 , 12
Rigel	− 8 24 16 , 22	− 8 24 16 , 79	29 23	64 28	+0 , 57
Procione	+ 5 39 14 , 65	+ 5 39 14 , 71	43 26	50 25	−0 , 06
α Orione	7 22 3 , 72	7 22 3 , 44	45 9	49 2	+0 , 28
Altair	8 25 33 , 75	8 25 32 , 43	46 12	47 39	+1 , 32
Regolo	12 47 41 , 17	12 47 41 , 10	50 35	43 16	+0 , 07
Aldebaran	16 9 35 , 68	16 9 36 , 19	53 57	39 54	−0 , 51
Arturo	20 4 16 , 41	20 4 14 , 98	57 51	36 20	+1 , 43
Polluce	28 25 45 , 50	28 25 44 , 78	66 13	27 58	+0 , 72
Castore	32 15 9 , 44	32 15 8 , 95	70 2	23 49	+0 , 49
Wega	38 37 50 , 56	38 37 48 , 68	76 25	17 26	+1 , 88
Capra	+45 48 52 , 88	+ 45 48 54, 88	83 36	10 15	−2 , 00

Nella quarta e nella quinta colonna di questa tabella sono contenute le altezze a cui le varie stelle passano sopra l'orizzonte di Cambridge e del Capo, e nella colonna sesta sono registrate le differenze di declinazione che resultano dalle osservazioni fatte in quei due luoghi. Se si considera questa ultima colonna, si vedrà che per la Wega si ha a Cambridge una declinazione maggiore che dalle osservazioni del Capo, e che l'opposto avviene per la declinazione della Capra. Questo parrebbe corrispondere alla mia ipotesi: poichè al Capo, la Wega passa assai bassa, ed invece passa altissima a Cambridge: e perciò a Cambridge è

Digitized by Google

quasi nulla la correzione della rifrazione, laddove questa correzione è molto grande al Capo; e poichè la luce della Wega, secondo quanto ho detto di sopra, sembra essere rifratta più che quella delle altre stelle, ne segue che la correzione per la rifrazione che viene applicata alle osservazioni fatte al Capo (correzione che in quel luogo tende a far crescere la declinazione) è troppo piccola, e che quindi la declinazione di questa stella osservata colà deve risultare minore di quella osservata a Cambridge. La stessa cosa che per la Wega, riguardo all'altezza sull'orizzonte di Cambridge e del Capo, verificandosi per la Capra, ma essendo (al contrario di ciò che accade per la Wega) la luce della Capra rifratta meno che la luce della Wega, ne deve conseguire che la correzione della rifrazione che si applica alle osservazioni del Capo deve essere per questa stella troppo grande, e che quindi la sua declinazione osservata al Capo deve risultare maggiore di quella di Cambridge; come infatti avviene. Io ho scelto i due sopra citati cataloghi come quelli che sono presso gli astronomi grandemente stimati, e perchè son fatti in anni fra loro molto prossimi; e quindi nel ridurre le posizioni dall'uno all'altro pochissima influenza vi hanno i moti propri delle stelle, i quali, come ognun sa, sono tuttora moltissimo incerti. Per le strie che ho scelto ad esempio sono assai esatte le osservazioni, perchè la stria α della Wega è bellissima, e la stria α della Capra, sebbene molto fina e difficile a vedersi, pure è stata da me osservata molte volte con sufficiente precisione. Non così accade però per la stria α della stella Fomalhaut, la quale stella passando a piccola altezza sull'orizzonte di Firenze, ed essendo visibile per breve tempo, è stata da me osservata poche volte, e le osservazioni resultano poco concordanti, per la ragione che la sua poca luce ed il suo scintillare m'impedivano di prendere delle misure esatte. Secondo le mie osservazioni, parrebbe bensì che la differenza fra la declinazione del Capo e di Cambridge dovesse essere di segno contrario a quello che si riscontra realmente.

Il segno della differenza fra le declinazioni di Sirio deve essere positivo, perchè la parte centrale della linea α di questa stella essendo rifratta 10″ più della stria F del Sole, può ritenersi che la correzione che si applica al luogo osservato di

Digitized by Google

questa stella, per l'effetto della rifrazione, sia più piccola del giusto, e che quindi erroneamente si corregga (cioè di troppo poco si aumenti) la declinazione osservata a Cambridge, la quale per tal motivo risulti più piccola di quella osservata al Capo. In quanto alla stella Altair, la differenza di + 1″, 32 fra la declinazione di Cambridge e quella del Capo sta anch'essa a confermare l'accennata ipotesi. Infatti: la parte centrale della stria α di detta stella essendo rifratta 20″ più della F del Sole, è da ritenersi che più piccola del giusto sia la rifrazione che comunemente si attribuisce alla luce di detta stella: e poichè quella correzione tende a far diminuire la declinazione di Altair osservata a Cambridge ed a far aumentare quella osservata al Capo, ne segue che la declinazione ottenuta nel primo luogo deve resultare maggiore di quella ottenuta nel secondo.

Ma io non mi tratterò qui a far simili considerazioni per tutte le altre stelle da me osservate; poichè credo che una tal discussione sarebbe per ora di troppo arrischiata e prematura. Io non posso infatti nelle mie misure aver con sicurezza raggiunto così piccole quantità, come quelle che si dovrebbero in tal delicata quistione considerare, non tanto per la insufficienza del mio micrometro che dava solo i 6″, 6, quanto ancora per l'esser sempre difficilissimo il puntare con estrema esattezza alle strie; e quest'ultima è la principale cagione d'incertezza e di errore. Vero è che io ho cercato di ovviare a tali inconvenienti ripetendo molte volte le osservazioni, e spero così di aver raggiunto lo scopo; ma ciò nonostante vi ha ancora che desiderare. A tutto questo si aggiunge che per instituire un confronto rigoroso fra i due cataloghi sopra citati, bisognerebbe sapere di quali tavole di rifrazione si è fatto uso nel compilarli, e conoscere ancora tutti gli altri elementi che loro han servito di base; i quali dati a me mancano quasi del tutto pel catalogo di Cambridge e per altri cataloghi, sui quali dovrebbe pure instituirsi un lavoro analogo, affine di eliminare, per quanto fosse possibile, ogni causa di errore. Ma quando pure un rigoroso e completo esame di questo genere fosse possibile, non varrebbe forse la pena d'intraprenderlo: con ciò sia che le posizioni delle stelle date nei cataloghi hanno sempre, per così dire, dell'artificiale; e ben difficile e laboriosissimo è il rin-

Digitized by Google

tracciare le posizioni originali. Nel nostro caso, per riconoscere se realmente vi siano certe differenze costanti nelle declinazioni delle stesse stelle osservate a Cambridge e al Capo, il miglior mezzo e il più spedito sarebbe quello di instituire in quei due luoghi (ovvero in altri due egualmente adattati) una serie di osservazioni simultanee e convenientemente condotte.

Per determinare poi colla maggiore esattezza possibile le posizioni delle strie stellari, oltre al corredare l'apparecchio di osservazione di un buon micrometro e di un movimento parallattico, credo che converrebbe ancora di adoperare (come lente condensatrice) una grandissima lente costruita sul sistema di quelle di Fresnel adottate per i fari; la quale servirebbe benissimo all'uopo, perchè trattasi qui di avere una lente non già acromatica nè che dia nette le immagini degli oggetti, ma che concentri soltanto una gran quantità di luce; e con un tal apparecchio si perverrebbe forse a scorgere negli spettri stellari una moltitudine di strie non inferiore a quella che si vede nello spettro del sole.

In fine, per rendere queste ricerche complete e vedere qual parte possa avere nel determinare le declinazioni delle stelle, non solo la diversità di rifrazione della luce loro, ma anche la dispersione, sebbene piccolissima, che quella luce subisce nell'attraversare la nostra atmosfera, bisognerebbe ancora misurare le ampiezze dei piccoli spettri che presentano le stelle quando sono direttamente osservate con un buon cannocchiale acromatico in prossimità dell'orizzonte; e bisognerebbe inoltre determinare il punto del massimo splendore corrispondente ai vari spettri. Una serie di tali esperimenti sarebbe certamente di sommo vantaggio per molte delicatissime indagini della moderna astronomia.

Ma non è mia intenzione, come ho già detto, di qui discorrere di tutto quello che con simili esperienze deve investigarsi e che puossi con fondamento sperare; e soltanto mi sono un poco trattenuto sopra una delle parti di applicazione che ha rapporto colle mie osservazioni, perchè questa mi è sembrata una delle più importanti, e perchè l'esempio, in special modo, della differenza fra le declinazioni della Wega e della Capra osservate a Cambridge ed al Capo di Buona Speranza,

Digitized by Google

mi è sembrato bastante a giustificare fin d'ora una tal discussione. Nè si creda già che io voglia per questo insistere più del dovere sopra tal cosa; perchè, senza disconoscere l'utilità delle speculazioni umane, anche le più ardite, io sono quant'altri mai persuaso che esse, quando non siano basate sopra fatti ben certi, quasi sempre oltrepassano il punto di equilibrio ove risiede la verità.

Firenze, 30 Agosto 1860.

INFLUENZA DEI NERVI DEL CUORE SULLA FREQUENZA DEL POLSO; DEL PROF. JAC. MOLESCHOTT.

In seguito alle celebri ricerche di Ed. Weber e di Budge, dalle quali risultò che una forte irritazione elettrica del vago può sospendere momentaneamente i battiti del cuore, questo nervo venne ritenuto, dalla più parte dei fisiologi, quale un nervo arrestatore dei battiti del cuore, ed alcuni scrittori hanno considerato il vago, inquantochè innerva il cuore, quale l'antagonista del simpatico, che sarebbe il nervo motore di quell'organo muscolare. Per ciò che spetta al vago, la teoria dello arrestamento venne ripetutamente oppugnata da Budge, ed in ispecie da Schiff, giacchè a questo sperimentatore risultò, dalle sue numerose ricerche, che una debole eccitazione del vago rende più frequenti i battiti cardiaci, per cui il vago dovrebbe ritenersi quale un nervo motore del cuore, la cui sovraeccitazione diminuisce la frequenza del polso, oppure causa un arresto temporario del cuore. Pflüger e parecchi altri impugnarono l'opinione di Schiff. La medesima peritanza e contraddizione notasi esistere sinora nella scienza rispetto alla parte devoluta al sim-

Digitized by Google

patico nelle pulsazioni cardiache. Mentre R. Wagner sostiene che l' irritazione del simpatico scema la frequenza dei battiti del cuore, Weinmann ed Heidenhain non riescirono mai ad ottenere tale risultato, e Burdach, Cl. Bernard ed Henle ebbero, all' incontro un risultato opposto, notarono cioè che per l' irritazione del simpatico si accresce la frequenza del polso.

In vista di una tanta disparità di sentenze fra così illustri osservatori, in una quistione essenzialmente pratica, mi parve essere del più grande interesse lo addivenire ad una minuta e circostanziata critica sperimentale. Dobbiamo dapprima ritenere come esatti tutti i dati positivi circa i risultati ottenuti dall' irritazione del vago, o del simpatico; la bisogna corre però diversamente riguardo ai dati negativi, che hanno ad ascriversi a circostanze sfavorevoli, nelle quali s' istituirono le sperienze.

Già pubblicai nel mio giornale (1) le particolarità delle mie ricerche, nelle quali mi prestarono assistenza Gascard, Hufschmidt, Nauwerck, Oesterlen figlio; e Schlatter, come pure i metodi e le serie dei numeri, sulle quali basai le mie conclusioni. Io ritengo intanto conveniente di portare anzitutto a conoscenza del pubblico quanto abbiamo visto ed osservato, e ciò tanto più perchè questo è valevole a ritenere sul pendìo i fisiologi che di soverchio affrettaronsi a fabbricare la teoria dell' arrestamento fondandosi sopra basi poco sode.

I. *Influenza dell' irritazione del vago sulla frequenza dei battiti del cuore.*

Noi dobbiamo lasciare in disparte il fatto ben noto che una forte eccitazione del vago scema la frequenza del polso, ed anzi può produrre la sospensione dei moti cardiaci; tocchiamo

(1) V. Jac. Moleschott: *Ricerche sull' influenza dell' irritazione del vago sulla frequenza dei battiti del cuore*, vol. VII. del Giornale da me pubblicato *Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere*, pag. 401 e 468.

Jac. Moleschott e R. Nauwerck, *Ricerche sull' influenza dell' irritazione del simpatico sulla frequenza dei battiti cardiaci* — loc. cit. vol VIII.

E. Hufschmid e Jac. Moleschott, *Dimostrazione sperimentale della teoria, giusta la quale il vago è un nervo motore del cuore* — loc. cit.

Digitized by Google

immediatamente la questione dell' influenza che una debole irritazione del vago esercita sopra la frequenza del polso.

1°. Una debole irritazione del vago fa crescere la frequenza dei battiti del cuore.

Il *maximum* dell' aumento da noi osservato su' conigli fu di 65 battiti al minuto, cioè da 166 a 231, ossia dei $^2/_5$ della frequenza del riposo.

Nelle rane il *maximum* dell' aumento salì assai più alto, giacchè si ottenne un decremento di 18 a 40 battiti al minuto, e per conseguenza il cuore batteva con una frequenza più che del doppio di quando il vago non era irritato.

2°. La maggiore frequenza dei battiti cardiaci non dipende per intiero dall' irritazione elettrica del vago, ma eziandio dalle eccitazioni meccaniche, chimiche e termiche.

3°. Fra le irritazioni meccaniche devesi anteporre alle altre la distensione, giacchè essa puossi mensurare con maggior facilità mercè l' uso di differenti pesi. Anche la fregagione e la compressione vennero impiegati con buon successo.

Il *maximum* dell' aumento della frequenza, dietro gli stimoli meccanici, salì a 22 battiti per minuto, in un coniglio (da 171 a 193), vale a dire oltre di $^1/_8$ della frequenza nello stato di riposo.

4°. Quali stimoli chimici noi abbiamo adoperato una soluzione allungata di cloruro di sodio, la bile di rana e l' essiccamento del vago.

Il *maximum* segnato sotto il numero 1 venne ottenuto con mezzi chimici, nei conigli colla soluzione di cloruro di sodio e nelle rane colla bile ranina.

5°. L' irritazione termica induce, nei conigli, un aumento di 20 battiti, cioè da 224 a 244, vale a dire pressochè un $^1/_{11}$; nelle rane poi da 36 li fa salire a 40, cioè di 4 battiti ossia di $^1/_9$ della frequenza normale.

6°. L' irritazione elettrica, nei conigli, fa salire il numero dei battiti da 190 a 232, cioè hassi un aumento di 42 pulsazioni, ossia di $^2/_9$; nella rana da 30 le porta a 42, cioè hassi 12 battiti di più ($^2/_5$).

7°. Ad oggetto di ottenere un aumento di frequenza dei battiti cardiaci nella rana è d' uopo, in generale, di far uso di uno stimolo assai più energico che non nel coniglio.

Digitized by Google

8°. Nella rana i battiti del cuore si fanno più frequenti non solo lorchè si irrita il ramo cardiaco, od il tronco del vago, ma pur anco tuttavolta viene irritato unicamente il laringeo mercè correnti indotte (aumento di frequenza elettrotonico, ossia paradosso). L'aumento paradossale della frequenza suppone un'irritazione assai più forte, che non d'ordinario.

9°. L'irritazione del vago accresce la frequenza dei battiti del cuore eziandio lorquando viene portata, dopo sezionato il nervo, sulla sua estremità periferica. L'aumento di frequenza non deve perciò venir considerato quale un fenomeno di riflessione, che ha luogo coll'intermezzo del centro cerebro-spinale.

Non è poi neppure il caso di attribuire il fatto ad un'azione riflessa, neanche parziale, del cervello e midollo spinale, giacchè allorquando si irrita debolmente il capo centrale del vago precedentemente reciso, i battiti del cuore non si fanno più frequenti.

10°. L'irritazione deve per lo più prolungarsi per $^1/_4$ di minuto, e non di rado anche oltre $^1/_2$ minuto, onde l'aumento nella frequenza entri in iscena.

11°. In molti casi l'irritazione mostra i suoi effetti per un tempo molto lungo anche dopo cessata.

12°. Il polso dicroto *può* essere la conseguenza di un'irritazione molto forte del vago, e che abbia durato assai a lungo, dopo di cui le cavità cardiache si contraggono, nella loro totalità, in due tempi.

II. *Influenza dell'irritazione del simpatico sulla frequenza dei battiti del cuore.*

1°. Una debole irritazione meccanica, od elettrica del simpatico produce una maggiore frequenza nei movimenti del cuore.

L'aumento può ascendere, nel coniglio, da 30 a 40 battiti al minuto, cioè ad oltre $^1/_5$ della frequenza normale.

2°. Tale effetto si manifesta solamente lorquando viene irritata la porzione del simpatico che va al cuore, ma non quando si applicano correnti indotte sulla parte del cordone cervicale separata dal cuore.

Digitized by Google

Egli è questione perciò di un' irritazione diretta, e non già riflessa delle fibre motrici che vanno al cuore per la via del simpatico, ed hanno le loro terminazioni periferiche nella sostanza muscolare del cuore istesso.

3°. Una forte irritazione del simpatico diminuisce la frequenza del polso e può produrre un momentaneo arresto del cuore; se l' irritazione viene sospesa, allora il cuore ed il nervo si ridestano dal loro spossamento, cosicchè, qualche tempo dopo, deboli irritazioni sono di bel nuovo valevoli a rendere più frequenti i battiti del cuore.

4°. Il simpatico ha perciò la medesima parte che il vago nella innervazione del cuore.

III. *Teoria dell' azione del vago sui movimenti del cuore.*

1°. Allorquando la debole irritazione del vago, la quale in sul principio accresceva la frequenza del polso, viene prolungata lungo tempo, i battiti del cuore fannosi assai più lenti che non erano in sul principiare dell' irritazione.

2°. Un' irritazione di forza media del vago può dapprincipio aumentare la frequenza dei battiti cardiaci, indi renderli più lenti, e finalmente indurre lo arresto del cuore, od anche può far sì che i battiti, i quali dapprincipio, in grazia dell' irritazione, erano più frequenti, si arrestino di un tratto.

3°. Un' irritazione molto forte del vago si trae dietro con seco un arresto istantaneo del cuore, oppure solo alcuni rari battiti precedono lo arresto.

4°. Dopo che il cuore, a causa di una forte irritazione del vago, si è arrestato, il ripristinamento della frequenza dei battiti cardiaci quale era prima della irritazione, ha luogo solo dopo qualche tempo. L' arresto del cuore poi, speçialmente nelle rane, può perdurare alcuni secondi dopo l' irritazione.

5°. Quando il vago fu già irritato parecchie fiate, senza aver perciò perduto la sua irritabilità, allora la sua irritazione produce con maggior facilità e per un tempo più lungo l' arresto del cuore, che non la prima volta che venne eccitato.

6°. La medesima irritazione del vago, che fa crescere la frequenza dei battiti cardiaci, viene concomitata nel nervo da

Digitized by Google

un cambiamento molecolare elettrico (oscillazione della corrente positiva o negativa) (1), mentre questo cambiamento molecolare prodotto da una forte irritazione, la quale determina l'arresto od il rallentamento dei battiti cardiaci, o manca totalmente, oppure, nella maggior parte dei casi, non viene in iscena se non dopo 8 e più secondi d'irritamento, vale a dire sino all'istante in cui spesso i battiti del cuore ricominciarono.

7°. Una debole irritazione del vago non aumenta solo la frequenza del polso, ma pur anco la pressione laterale che il sangue esercita sulle pareti arteriose. Se per contro, l'irritazione mediante correnti elettriche indotte, raggiunse un grado tale di forza che il cuore continui a battere, ma con maggior lentezza che nello stato normale, allora scema eziandio la pressione laterale del sangue.

Se i fatti surriferiti fossero stati conosciuti sin da principio, non si sarebbe esitato lungo tempo nell'assegnare all'innervazione del cuore per mezzo del vago, una parte analoga (non più complicata a causa della esistenza dei ganglii cardiaci) a quella degli altri nervi motori, ad es. alle radici anteriori del midollo spinale. La complicazione dipende specialmente da che al cuore si portano 4 nervi (due vaghi e due simpatici) dei quali ciascuno, talvolta viene stimolato, ha un'azione eguale, se non dello stesso grado di forza, rispetto alla frequenza dei battiti del cuore. Ma una tale considerazione non combatte guari più la teoria da noi abbracciata, di quello che possa essere favorevole all'antica teoria dell'arresto. Infatti, malgrado che Weber non abbia notato un tale fatto, ella è cosa oggidì constatata da migliaia di osservazioni, che anche quando un solo vago viene assoggettato ad una irritazione abbastanza forte, quest'irritamento ha per effetto l'arresto del cuore.

Lo stimolo applicato ad un solo nervo viene perciò portato al cuore degli altri tre nervi, e non è guari necessario il

(1) Il cambiamento elettrico, che accompagna l'azione eccito-motrice nel nervo, può veramente corrispondere, come già lo dimostrai mediante una serie di ricerche più particolareggiate, non solo ad una oscillazione negativa, ma pur anco, sebbene in casi assai meno frequenti, ad una oscillazione positiva della corrente nervosa primitiva. — V. il giornale da me pubblicato sotto il titolo: *Untersuchungen* etc. Band VIII, Heft 1.

Digitized by Google

fare una grande maraviglia, se qui i ganglii cardiaci sono incaricati di una propagazione analoga a quella che ha luogo nei grandi centri nervosi per tutte le azioni riflesse, o come succede nelle fibre di un ramo di un nervo motore per le fibre del tronco da cui quel ramo deriva, nella così detta contrazione paradossa.

Un nervo che tuttavolta viene irritato, aumenta la frequenza e la forza dei battiti del cuore, ed in cui, durante l'irritazione, si nota lo stesso movimento elettrico di quello che segna le proprietà eccito-motrici nei nervi di movimento; un nervo che porta direttamente al cuore per la via periferica, non già per mezzo del cervello e del midollo spinale, le influenze che mettono in iscena l'attività del cuore istesso: un tale nervo deve senza fallo ritenersi quale un nervo motore del cuore.

Se perciò una forte irritazione di questo nervo scema la frequenza dei battiti del cuore, oppure li sospende temporariamente, così egli è natural cosa il considerare quest' effetto quale un fenomeno di stancamento, il quale siccome si estende a tutto il cuore, non offre cosa alcuna che si possa tenere a conto di una difficoltà maggiore che non presenti alcun'altra teoria.

Dopochè la forte irritazione venne sospesa o rimossa, lo spossamento perdura ancora per un tempo piuttosto lungo, giacchè o il tempo dello arresto del cuore dura maggiormente che non quello dell'irritazione, oppure si nota che, subito dopo cessata l'irritazione, il polso batte più lentamente che non nel tempo del riposo che precedette il principiare dello irritamento; la frequenza primitiva non si ristabilisce se non solo dopo qualche tempo. Lorquando poi il vago venne molto stancato, esso trovasi in uno stato di spossamento, senza aver perduto la sua irritabilità, allora il cuore entra facilmente in riposo la mercè di susseguenti irritazioni, e puossi affermare che un'irritazione di egual forza o sospende più presto e per un tempo più lungo il polso, oppure che un'irritazione assai meno forte, la quale, se fosse stata applicata al vago fresco, avrebbe solo reso più lenti i battiti del cuore, dopochè il nervo venne stancato ne produce l'arresto. Con altre parole il vago stancato è più facilmente spossato e dà a divedere tale spossamento più facil-

Digitized by Google

mente coll' arresto del cuore, che non quando il nervo non fu prima stancato.

In questo modo spiegasi l' opinione già emessa da Schiff nel suo primo lavoro, che irritazioni di eguale forza applicate al vago producono l' arresto del cuore con maggior facilità dopo la morte, che non durante la vita (1).

Per conseguenza la stimolazione del vago, attiva la forza motrice del cuore, la sovraeccitazione dello stesso nervo ne scema la forza, e la sua azione si porta nella direzione della periferia; il che, quando vogliasi tradurre in linguaggio fisiologico, non suona altro che: *il vago è un nervo motore del cuore.*

IV. *Critica della teoria dell' arresto applicata al vago.*

Dopo cotante prove istituite in differenti modi, dalle quali risulta che non qualunque irritazione del vago rende più rari i battiti del cuore, ma che invece una irritazione abbastanza indebolita può accrescere considerevolmente la frequenza del polso, la teoria così detta dello arresto resta intieramente priva di appoggio. Tuttavia un gran numero di fisiologi viventi hanno abbracciato questa teoria e subito menarono talmente buoni i fatti, che a prima vista parvero appoggiare questa teoria, che mai non pensarono assoggettarli ad un serio esame critico. Ai fatti surriferiti io intendo di far qui seguire una breve e stringata critica, giacchè chi intende aver più ampii particolari può consultare la Memoria sopracitata pubblicata da me e da Hufschmid.

Hanvi tre fatti di un peso assai diverso che indipendentemente dalla diminuzione nella frequenza del polso in conseguenza di una forte irritazione del vago, vennero messi avanti in appoggio della teoria dell' arresto:

1°. che il cuore ricomincia a battere quando una forte irritazione venne prolungata per molto tempo;

2°. che dopo la sezione dei due vaghi, i battiti del cuore fannosi più frequenti;

(1) Schiff, *Archiv für physiologische Heilkunde*, vol. VIII, pag. 174.

Digitized by Google

3°. che la corrente costante applicata sul vago aumenta la frequenza del polso.

Egli è verissimo che il cuore, il cui arresto venne prodotto da un' irritazione del vago abbastanza forte, riprende a battere se l' irritazione venne continuata a lungo, ed anzi, se l' irritamento è protratto per alcuni minuti, i battiti del cuore acquistano l' istessa frequenza che aveva durante il riposo, prima dell' applicazione della forte stimolazione. Si è riguardato questo fatto quale una conseguenza della sovraeccitazione del vago.

Quest' opinione non è sostenibile.

Infatti, quando i battiti del cuore, durante la irritazione un po' prolungata del vago, fannosi più rari che non prima della sua stimolazione, è d' uopo lo irritare più fortemente questo tronco nervoso perchè si produca subito di bel nuovo lo arresto del cuore. Se poi, durante il tempo dell' irritazione molto prolungata dello stesso tronco nervoso, il cuore batte colla stessa celerità che prima della irritazione, ciò dipende dacchè, come Schiff il dimostrò bene da lungo tempo, quella porzione del vago è morta, locchè equivale al non irritare il nervo. Se gli elettrodi vengono collocati più avanti verso la periferia, per modo che un tratto di nervo ancora illeso si trovi compreso fra gl' elettrodi, l' istessa irritazione produce di nuovo l' arresto del cuore (1). Noi abbiamo trovato esatta quest' asserzione dello Schiff. Che la forte irritazione di un vago, epperciò di un solo dei quattro nervi speciali del cuore, diventa, dopo un tempo relativamente assai breve, incapace di mantenere l' arresto del cuore, ciò si spiega per la presenza dei tre altri nervi, i quali durante lo spossamento di uno, conservansi in attività d' antagonismo. Quando si sovraeccitano simultaneamente tutti i rami nervosi motori, che i due nervi in questione ed i simpatici distribuiscono al cuore, mediante l' applicazione di forti correnti indotte al midollo allungato ed al midollo spinale, i battiti del cuore della rana si arrestano per alcuni minuti, finchè le parti centrali del sistema nervoso sieno spossate per la forte irritazione, e se allora si mette il cuore istesso fra gli elettrodi, si

(1) Schiff — vol. VI. delle mie *Untersuchungen*, pag. 240 e segg.

Digitized by Google

può ancora prolungare di alcuni minuti l'arresto diastolico. Io emetto, dietro le nostre sperienze, il corollario che se tuttavolta il cuore, dopo una lunga e forte irritazione del vago, riprende a battere, ciò dipende da una delle seguenti cause: o perchè una troppo breve porzione dei nervi cardiaci venne debolmente irritata, epperciò non fu esausta la forza d'innervazione del cuore, oppure la porzione del nervo compresa fra gli elettrodi venne od in gran parte, o totalmente posta in istato di morte dalle forti correnti indotte. Se tutto il tronco del nervo è morto, malgrado si applichi una forte irritazione direttamente al cuore, la frequenza del polso mantiensi eguale a quella che aveva nel riposo.

Un fatto analogo al succitato del vago, e che è di grande peso, è quello che io osservai con Nauwerck sul cuore di conigli, in cui si produsse l'arresto del cuore in grazia di una forte irritazione del simpatico, e mentre questa durava ancora il cuore riprese a battere. Io non credo che qualcuno vorrà spiegare questo fenomeno mercè la sovraeccitazione dei - *nervi di arresto* -; chi volesse ciò fare, dovrebbe eziandio ammettere che i quattro nervi che portansi al cuore, invece di essere motori, sono nervi d'arresto.

La seconda delle opinioni, che noi intendiamo fare soggetto di critica, è quella per cui pretendesi che il taglio dei due pneumogastrici abbia per effetto un aumento nella frequenza del polso. Si vuole spiegare questo fatto mercè la paralisi dei così detti nervi d'arresto, dacchè la divisione di tali nervi dall'organo centrale deve produrre un movimento più celere, come il taglio dei nervi motori si trae dietro la sospensione dell'impulso motore che l'organo centrale trasmette ai muscoli. Noi abbiamo qui da fare relativamente al punto in discussione, non già colla spiegazione di un fatto provato; il fatto medesimo trovasi in istato di contestazione. Il taglio dei due pneumogastrici non ha, infatti, sempre per conseguenza necessaria, un aumento nella frequenza del polso, non ha certamente un effetto opposto al taglio di un nervo motore, che sottrae di botto all'influenza dell'organo centrale i muscoli, ai quali quei nervi si portano.

In seguito alle nostre ricerche noi possiamo formolare nel modo seguente il risultato del taglio dei due pneumogastrici

Digitized by Google

sulla frequenza del polso: immediatamente dopo la sezione di questi due nervi, il polso, nei conigli, fassi per lo più meno frequente che non era *dopo la divisione dei tessuti del collo e della disseccazione dei nervi, ma prima che questi venissero tagliati;* sovra cinque casi da noi esattamente osservati, c'imbattemmo solamente in uno, nel quale il cuore batteva con maggior frequenza dopo la sezione dei due vaghi, ma l'aumento di frequenza non era di gran rilievo.

Frequenza media prima del taglio, nello stato di riposo 163
id. dopo id. 174.

Durante un dato tempo, vale a dire da mezz' ora sino a parecchie ore dopo il taglio, la frequenza può considerevolmente crescere, ma tale aumento non è tuttavia costante, e dopo un tempo ancora più lungo noi abbiamo sempre osservato una minore frequenza del polso che non dopo operata l'incisione della cute.

Giusta altre ricerche i pneumogastrici sarebbero nervi motori del cuore, e la spiegazione di questo fatto non è guari difficile. La sezione dei vaghi li irrita più o meno, e dipende dal grado di quest' irritazione se la frequenza del polso si fa maggiore o minore. La diminuzione nella frequenza osservasi tuttavolta che il taglio dei vaghi ha prodotto in loro una sovraccitazione. L'aumento nella frequenza che notasi più tardi è l'effetto di un' irritazione flogistica variabile, la quale, se un qualche essudato comprime il vago, può produrre direttamente un aumento nella frequenza del polso, nel modo istesso con cui quest' aumento ha luogo, in guisa indiretta, per una qualche irritazione traumatica. Negli ultimi istanti prima della morte, il polso ridiventa sempre più lento, locchè spiegasi assai bene in parte da una sovraeccitazione del vago, ed in parte da uno indebolimento generale.

Ci resta ancora a trattare la quistione dell' azione delle correnti costanti sul vago. Egli è noto che, in fisiologia, avanti che Pflüger facesse di pubblica ragione le sue ricerche sull' elettrotono, si attribuiva alle correnti elettriche continue un' azione paralizzante sui nervi. Avvi ancora una cosa a notare, cioè che

Digitized by Google

applicando al vago in una data maniera, una corrente continua, i battiti del cuore si fanno più frequenti, per cui si credeva che la corrente continua fosse un fattore paralizzante, epperciò si riguardava quest' effetto quale una prova in sostegno della teoria dell'arresto: quando un nervo di arresto viene percorso da una corrente costante, conchiudevasi: esso diventa paralizzato, e quando il nervo d' arresto del cuore è paralizzato, il cuore riprende a battere con più di frequenza.

Dopo che Pflüger ci ha fatto conoscere il catelettrotono e l'anelettrotono, una simile e così semplice spiegazione non può più venire accettata. Si domanda anzitutto in qual modo l'azione della corrente continua è dipendente dalla direzione, in cui essa percorre il vago. A tale questione possiamo rispondere dietro le seguenti nostre ricerche.

Allorquando si assoggetta all'azione della corrente costante il vago separato dal cervello, oppure che non fu per nulla leso, si nota sempre, purchè la corrente non sia troppo debole, che la direzione della corrente discendente aumenta, e quella della corrente ascendente scema la frequenza dei battiti del cuore.

Badisi ancora che, siccome Pflüger lo ha dimostrato, le irritazioni che agiscono sul lato del catode, cioè nel tratto catelettrotonico, di un nervo, sono attive, e crescono in attività; all' incontro le medesime irritazioni che vengono applicate sul lato dell' anode, nel tratto anelettrotonico di un nervo, scemano in attività. In questa guisa si spiega molto semplicemente l'azione che ha la corrente discendente di accrescere la frequenza, e quella della corrente ascendente di scemarla mediante l' ipotesi già soventi fatta, cioè che il vero luogo della irritazione del vago che si ripete periodicamente, deve ricercarsi alla periferia, vale a dire nel cuore istesso.

D' oggi in poi non può più venire posta in sul tappeto la questione del potere paralizzante che avrebbe la corrente continua sul vago, ed il senso supposto in cui dalla corrente continua si produrrebbe tale paralisi, assicura senza dubbio al vago il suo posto nel gruppo dei nervi motori. Non altrimenti che negli altri nervi motori, la corrente costante applicata anche al vago in sul lato del catode produce un aumento d'irritabilità, mentre la stessa corrente applicata sul lato dell'anode la fa di-

Digitized by Google

minuire; tuttavolta perciò le irritazioni applicate alla periferia del vago agiscono — in qualunque modo ciò abbia luogo — sul cuore; allora la corrente discendente deve aumentare i battiti del cuore, e la corrente ascendente all' incontro renderli meno frequenti.

L' ipotesi per cui la corrente continua renderebbe impossibile la propagazione di un' irritazione, che tragga la sua origine dal cervello, sino al cuore, (e ciò a causa della paralisi che ne sorgerebbe secondo i sostenitori della teoria dell' arresto, vale a dire perchè dovrebbe aumentare la frequenza), ha perduto ogni appoggio dopo le nostre ricerche. Giusta quest' ipotesi l' aumento di frequenza non osserverebbesi quando il vago, separato dal cervello, venga irritato da una corrente continua, e tuttavia ciò è quanto notasi costantemente ogni qualvolta il nervo vago è attraversato da una corrente abbastanza forte, in direzione discendente.

Dopo le cose sovraesposte, le obbiezioni principali che si fecero per negare che il vago sia un nervo motore, essendo in parte state distrutte, ed in parte trasformate in argomenti in sostegno della nostra opinione, io riepilogo la dottrina dell' innervazione del cuore nelle seguenti parole:

Il cuore è un organo a cui distribuisconsi quattro nervi motori molto irritabili e che molto facilmente si sovraeccitano, e questi sono i due pneumogastrici ed i due simpatici; questi quattro nervi stanno in reciproco consenso in grazia dei gangli cardiaci, epperciò lo stato d' irritazione o di sovraeccitazione in cui trovisi uno dei sovracitati nervi si trasmette agli altri tre; è poi impossibile, mediante la sovraeccitazione di un solo dei quattro nervi in discorso, di produrre uno sposamento durevole negli altri tre, giacchè un' irritazione che fosse precisamente abbastanza forte per produrre tale effetto cagionerebbe ben presto la morte del tratto irritato di un nervo, e perciò verrebbe renduta impossibile la trasmissione di quell' azione dal tratto di questo nervo ai tre altri.

Zurigo, Maggio del 1861.

Digitized by Google

SULLE APPARENZE FISICHE DELLA COMETA V, DEL 1858; DI G. B. DONATI.

Questa cometa divenne nell'Ottobre una delle più belle per la sua grandezza e per il suo splendore, ed ha dato occasione a moltissimi studii ed osservazioni. Ecco una succinta descrizione delle varie apparenze fisiche che essa presentò, quali sono state da me osservate col refrattore di questo R. Osservatorio, avente l'apertura libera di $0^m,28$ ed una distanza focale di $5^m,2$; adoprando degli ingrandimenti da 100 a 600 volte. Le apparenze che mi faccio a descrivere sono state, presso a poco nella stessa guisa, notate ancora dal professore Amici che osservava dalla sua villa con un refrattore dell'apertura di $0^m,24$. munito di un micrometro oculare a doppia immagine, col quale egli ha determinato le varie misure che io riporterò qui sotto.

La Cometa, allorchè io la scuoprii il 2 Giugno, si presentava come una piccola macchia nebulosa del diametro di circa 3″, avente una luce uniforme su tutta la sua estensione. Con tale apparenza si mantenne fino al mese di Agosto, durante il quale la Cometa presentò nel suo centro una assai forte condensazione di luce, che non potevasi però dichiarare per un nucleo.

Il 3 di Settembre la Cometa fu veduta a occhio nudo; e allora, adoprando i deboli ingrandimenti, scorgevasi nel mezzo della nebulosità della testa della Cometa una specie di nucleo bastantemente definito, il quale aveva una luce quieta ed una forma ellitica coll'asse maggiore in direzione perpendicolare alla direzione della coda, la quale aveva allora una lunghezza di circa 2°. Mettendo al cannocchiale l'ingrandimento forte, il nucleo, per così dire, spariva; poichè non scorgevasi più nessun limite abbastanza determinato. Nelle sere susseguenti questo supposto nucleo andava sempre a diminuire di diametro e a perdere la sua forma apparentemente ellittica; esso mostravasi sempre più definito, acquistava una luce sempre più viva, e la nebulosità che lo circondava dilatavasi successivamente.

Digitized by Google

Il 23 Settembre il nucleo della Cometa appariva affatto rotondo, assai ben definito anche coi forti ingrandimenti, e di una luce paragonabile a quella di Marte.

Dal 23 al 30 Settembre il nucleo appariva circondato (dalla parte opposta alla coda) da un mezzo circolo nebuloso molto lucido, al quale succedeva un altro semicircolo oscuro concentrico al primo, e quindi un altro semicircolo lucido, parimente concentrico, ma di una luce molto più debole di quella del primo semicircolo lucido: poi susseguiva una nebulosità indefinita, alla quale univasi la coda che prolungavasi per l'estensione di circa 25°. — Diametro del nucleo il 30 Settembre 3",0.

Il primo Ottobre era quasi sparito il semicircolo opaco sopra descritto; l'aureola più luminosa accanto al nucleo si era dilatata fino a quasi raggiungere l'altra aureola meno luminosa: fra queste due aureole non rimaneva che una debole sfumatura. Queste due aureole formavano quasi due circoli interi, non mancando alla riunione delle loro estremità che un arco di circa 60° dalla parte della coda. — Lunghezza della coda 27°.

Il 2 Ottobre vidi il nucleo circondato da una piccola aureola splendidissima della lunghezza di un 1". Coi piccoli ingrandimenti questa aureola confondevasi col nucleo.

La sera del 3 Ottobre la piccola aureola lucida del 2 si era molto dilatata: la sua larghezza risultò di 4",8. L'aureola susseguente aveva il suo raggio trasversale (cioè quello nel senso perpendicolare alla coda) di 34",0 ed il suo raggio longitudinale (cioè quello nel senso della lunghezza della coda) di 30",4. — Il diametro del nucleo era di 2",9.

Il 4 e il 5 Ottobre l'aureola che principiò a vedersi svilupare il dì 2, aumentò successivamente di diametro e mostrò una piccola macchia oscura nella sua parte Nord (immagine diretta). Le nuvole impedirono di prendere delle misure. — Un'altra aureola cominciò il 4 a vedersi distaccare dal nucleo. — Lunghezza della coda 40°.

Anche il Prof. Amici vide il dì 4 la medesima macchia oscura, la quale il 6 si portò verso la parte anteriore dell'aureola: e allora gli sembrò che quella macchia divenisse il punto di partenza di una debole linea oscura che si estese circolarmente tutto all' intorno del nucleo, e divise la sua prima aureola.

Digitized by Google

Il 6 Ottobre io vidi sempre la macchia oscura, nel centro della quale una scorsi piccola macchia lucida che aveva l'aspetto, se non di un secondo nucleo, almeno di una agglomerazione informe di materia, intorno a cui si era formata un'aureola semicircolare che interrompeva l'altra aureola che circondava il nucleo principale.

L'aureola che principiai a veder nascere il dì 2, aveva il suo raggio trasversale di 27″,7, ed il suo raggio longitudinale di 24″,9. — Il diametro del nucleo era di 3″,0.

Io sono certissimo di aver veduto il successivo sviluppo ed aumento dell'aureola che il 2 Ottobre cominciai a vedere staccarsi dal nucleo.

Il 7, l'aureola che principiò a notarsi il 4 aveva un raggio trasversale di 15″,7. Il diametro del nucleo era di 3″,3. — Continuo a vedere la macchia oscura; ma a causa dell'aria poco buona non vi vedo nel centro la piccola macchia luminosa.

Il dì 8. Raggio trasversale dell'aureola 18″,9. Diametro del nucleo 3″,3. Vedo la macchia oscura e la piccola macchia lucida nel suo centro.

Il 9. Cielo annebbiato. Diametro del nucleo 4″,5.

Fino alla sera del 10 Ottobre non potè più vedersi la Cometa a causa dei nuvoli. In questa sera il nucleo cominciò a vedersi mal definito: il suo diametro era di 5″,5. Si vede un'aureola il cui raggio trasversale è di 11″,8. — Quantunque vi sia il chiaro della luna vedo la coda estendersi per una lunghezza di 38°.

Il 15. L'aureola del 13 non si vedeva più. Si scorgeva intorno al nucleo come una specie di alone. Il nucleo diviene sempre meno definito, e coi forti ingrandimenti sparisce quasi affatto ogni limite ben determinato: il suo diametro risulta di 4″,4.

Il 16. Ottobre. Il nucleo, mal definito; apparisce circondato da un' atmosfera che termina nella sua parte Ovest con una specie di virgola. — Vi è un' alta altra aureola la quale è assai lucida dalla parte Ovest e quasi invisibile dalla part Est. — Raggio longitudinale di questa aureola 10″,4, raggio trasversale dalla parte Ovest 18″,2. Il raggio trasversale dalla parte Est non può misurarsi per mancanza di limite ben deciso.

Fino al 22 di Ottobre non potei rivedere la Cometa a causa

Digitized by Google

del cattivo tempo. Il 22 potei riosservarla e vidi che il suo nucleo aveva acquistato una forma ovale come ai primi di Settembre. Questa specie di nucleo però spariva adoprando dei forti ingrandimenti coi quali non scorgevasi più nessun limite ben determinato.

Dopo la metà di Settembre la coda cominciò a essere bipartita nel senso della sua lunghezza, in due bande diseguali da una striscia opaca che era quasi del tutto mancante di luce nelle parti immediatamente posteriori al nucleo, e che poi confondevasi insensibilmente colla porzione meno lucida della coda stessa. Questa bipartizione della coda non era più visibile il 19 Ottobre.

Il 22 di Ottobre non vi era quasi più traccia di coda.

Dall'insieme di tutte le apparenze da me attentamente osservate, sembrami di non poter dubitare che l'azione del sole abbia successivamente distaccato dalla testa della Cometa della materia, la quale si è poi dispersa per formare la chioma e la coda.

INTORNO ALL'INCENDIO DEL VESUVIO COMINCIATO IL DI 8 DICEMBRE 1861; RELAZIONE DI LUIGI PALMIERI.

Il memorabile incendio del Vesuvio avvenuto nel mese di Maggio dell'anno 1855 dopo cinque anni di perfetto riposo del Vulcano faceva generalmente supporre, per la spodestata quantità di lave venute fuori per 27 giorni continui, che passerebbe molto tempo prima che una nuova conflagrazione accadesse. Ma nel dì 19 Dicembre dello stesso anno si aprì per isprofondamento una nuova bocca quasi nel mezzo dell'alto piano del cono,

Digitized by Google

la quale rigettando da prima fumo e lapilli in moderata quantità, andò gradatamente pigliando vigore, per modo che nel corso del 1856 e del 1857 divenne ignivoma con varie fasi d'incremento e di diminuzione: tuonò quasi sempre, e coadiuvata dalla riapertura di una delle bocche del 1850, coprì il cono quasi per metà di nuove lave che si distesero anche nell'*atrio del cavallo*. Mentre tuttavia durava l'attività di queste bocche superiori, le quali sembravano per altro più sceme di forza, giacchè o non davano più lave o appena qualche rivolo che restava presso i crateri, nel Maggio del 1858 si aprirono numerose bocche verso la base del cono dalle quali uscirono lave in copia sì grande che forse sono appena paragonabili a quelle del 1631. Alcune di queste bocche cessarono dopo molti giorni di mandar fuori nuove lave, ma una ne rimase sul *piano delle ginestre*, la quale con calma meravigliosa, senza un cono avventizio o bocca fumante che la distinguesse, seguitò con insolita persistenza a vomitare lave fino al mese di Marzo del 1860, e quando si chiuse, dopo otto giorni, si vide ricomparire la lava circa 600 metri più sopra, la quale durò fino al Marzo del 1861. Nel principio di questo incendio del 1858 le bocche superiori divennero più attive dando forti boati e rigettando molti brani di lava incandescente la quale vedevasi entro i crateri a poca profondità; ma dopo, le lave internamente si abbassarono tanto che non si ascoltava il rumore de' grandi sassi menati dentro questi crateri per avere una misura approssimativa della loro profondità. Finita intanto la emissione delle lave dalla base del cono, queste gradatamente si elevarono di nuovo nell'interno di esso, per modo che si rivedevano ad una mediocre profondità. Stavano così le cose ed avvicinavasi il giorno anniversario del più memorabile incendio del Vesuvio accaduto dopo quello del 79, del primo che imprese a seppellire le città nuove sotto i torrenti di lava (1); quando ne' giorni 5 e 6 del mese di Dicembre del prossimo passato anno, gli aghi dell'apparecchio di variazione di Lamont che trovasi all'Osservatorio Vesuviano cominciarono a mostrare continue vibrazioni verticali, che andavano grada-

(1) Si allude al grande incendio avvenuto il dì 16 Dicembre del 1631 che distrusse la prima volta Torre del Greco, Resina, Portici, ec.

Digitized by Google

tamente crescendo, in guisa che nel giorno 7 erano divenute così forti, accompagnate eziandio da moti orizzontali, che non era facile leggere sulle scale le consuete indicazioni: allora il sismografo elettromagnetico cominciò ad indicare un fremito continuo nel suolo, il quale spesso si traduceva in sensibili scosse di terremoto. Cotesti fenomeni crebbero a tal segno che il dì seguente le immagini delle scale dell'apparecchio di variazione uscivano fuori del campo de'cannocchiali, ed il terremoto era all'Osservatorio forte e continuo, e verso il mezzodì era avvertito in tutte le terre poste alle falde del monte ed anche in Napoli. Verso le ore 3 p. m. finalmente apparve sulle terre di Brancaccio e de Donno sulle vecchie formazioni del monte di Somma dal lato orientale delle bocche del 1794, ma molto più in basso all'altezza di 290^{m}, 2 sul livello del mare a circa un miglio di sopra di Torre del Greco, gran copia di fumo con una spaventevole fenditura diretta per 70° verso E. partendo da N., da molti punti della quale veniva fuori con fumo densissimo gran copia di cenere, sassi e materie incandescenti, co'soliti muggiti e qualche saetta. In questa fenditura, sparve la casa rurale di Francesco de Donno dalla quale pochi momenti prima erano usciti il figliuolo e la nuora atterriti per aver notato che una campana che tenevano sospesa ad un chiodo spontaneamente suonava. La fenditura lunga quasi un chilometro divenne una serie di crateri da uno o forse due de' quali cominciò a venir fuori verso le ore 5 p. m. una corrente di lava pirossenica a grosse scorie incoerenti e di una tessitura particolare. Questa lava dopo di aver corso buon tratto della campagna contigua dirigendosi alla parte orientale di Torre del Greco, verso le 11 p. m. si arrestò ad una distanza minore di un chilometro dall'abitato, essendo di molto in quell'ora scemata l'attività delle nuove bocche. Le bocche superiori intanto del cono vesuviano non parvero in sulle prime risentirsi del grande incendio manifestatosi alle falde del monte, ma nel corso della notte il fumo divenne copioso, e la mattina del dì 9 mentre le nuove bocche riprendevano vigore quasi eguale a quello della sera precedente, dalla cima del cono usciva immenso fumo con cenere e sassi accompagnati da muggiti e saette le quali guizzavano anche tra i globi di denso fumo cinereo che uscivano con impeto dalle bocche inferiori.

Digitized by Google

Cotesto rinvigorirsi dell'incendio del mattino del dì 9 durò poche ore, e non si ebbe emissione di nuova lava fluente, per cui la uscita della lava della sera antecedente fu coperta dalle materie, in abbondanza rigettate, e divenne poco discernibile. La sera del dì 9 le bocche inferiori davano appena poco fumo, ma le bocche in cima del cono menavano fumo copioso con cenere solcata da frequenti bellissime saette e gran copia di brani di lava spinti a circa 250^{m} di altezza, co' soliti boati. La punta del 1850 che gradatamente scemava di altezza sparve quasi del tutto in questa congiuntura. Nel mattino del dì 9, oltre la grande fenditura in cui erano allineati i centri di eruzione, vedevansi nella stessa direzione o in direzioni poco diverse numerose fenditure minori, le quali attraversando la città andavano fino al mare. Siffatte fenditure del suolo avevano recate molte ma poco considerevoli lesioni agli edifizii soprastanti. Quelle che erano per la campagna si mantennero presso a poco della stessa larghezza, e quelle che attraversavano la città si allargarono sensibilmente nei giorni 9 e 10 per modo che gli edifizii furono stranamente fenduti, perdettero il piombo ed in parte crollarono, ma senz'arrecare la morte ad alcuno, giacchè ebbesi il tempo di uscirne prima che andassero in ruina.

Le più ampie e numerose fenditure di Torre del Greco corrispondevano a quella parte della città riedificata sulle lave del 1794, le quali rotte talvolta sprofondarono, ed in qualche caso gli orli di una stessa fenditura non rimasero al medesimo livello.

Gli abitanti di Torre del Greco presso i quali è viva la tradizione delle passate sciagure, al vedere il suolo tremante, il vulcano infuriato alle spalle con ignivome voragini le più prossime che s'abbiano mai avute, ed un torrente di fuoco diretto alla loro volta, l'aere fosco pel fumo e per la cenere, il suolo squarciato, gli edifizii crollanti, si dettero in fuga, e chi trasse a Torre dell'Annunciata, chi a Castellamare, chi a Portici, chi a Napoli o altrove. Il Generale Conte la Marmora, accorrendo sollecito sul luogo della sventura, mandò loro navi e carra pel trasporto delle persone e delle masserizie domestiche e provvide di tetto e ricovero coloro che n'ebbero mestieri. I privati cittadini ed i municipi delle vicine città si adoperarono a gara per accogliere coloro ch'eran costretti ad abbandonare i domestici lari.

Digitized by Google

Nel giorno 10 fu notato uno straordinario incremento di acqua nella pubblica fontana con leggiero svolgimento di acido carbonico. Una piccola sorgente di acqua dolce al lido del mare in direzione della *taverna del disperato* parve fatta più copiosa e svolgeva gran copia di acido carbonico, il quale vedevasi per un lungo tratto in numerose bolle svolgersi anco dal seno del mare ove arrecò la morte a molti pesci. In più luoghi però sulla superficie delle acque marine in questa stessa regione vedevasi un gorgoglio vigoroso che spingeva il liquido ad un' altezza di circa $0^m,4$ sul circostante livello, il che non sapevi dire se fosse puro effetto di fluidi aeriformi che uscivano da sottomarine mofete, o fossero sorgenti di acque zampillanti miste a fluidi aeriformi; ma attinta l'acqua dalla vena ascendente con un peculiare apparecchio da noi immaginato, ci fu agevole assicurarci per analisi chimiche che dal fondo del mare sgorgavano poderose sorgenti di acqua mista a gran copia di fluidi aerei.

Contemplando questo fenomeno con un mare tranquillo mentre eravamo in una barca, ci fu agevole notare disegnata sulle rupi verticali in cui terminano le lave del 1794 e del 1631 una fascia rossiccia di piante marine use a vegetare nel mare con numerose conchiglie di quelle che hanno eziandio mestieri per vivere di starsene di continuo coperte dalle acque, la quale evidentemente ci annuziava un sollevamento avvenuto nel suolo. Questa fascia avea la maggiore altezza di 1^m, 12 verso la parte orientale del ponte ed andava a poco a poco scemando dall'una parte e dall'altra. Per la qual cosa pare che il sollevamento del suolo sia stata la principale cagione dell'allargarsi delle fenditure entro Torre del Greco e della ruina degli edifizii, imperciocchè quella parte della città ch'ebbe a patire maggiori ingiurie trovasi edificata sopra una grossa lava compatta facile a rompersi quando si tenti di curvarla.

Le acque de'pozzi questa volta non iscemarono punto, anzi crebbero e facevano rumore come di rapido bollimento per la gran copia di acido carbonico che vi si svolgeva. Le cisterne per la maggior parte rimasero a secco perchè rotte dalle fenditure del suolo.

L'acido carbonico delle numerosissime mofete di Torre del

Digitized by Google

Greco non solo crebbe ne' di seguenti, ma fu misto ad idrogeno carbonato e ad un molesto odore di petrolio. Le mofete si manifestarono in molti altri luoghi più o meno copiose come a Bosco, a Resina e per fino presso le bocche del 1794, ma senza l'odore di quelle di Torre del Greco.

Molte persone degne di fede furono concordi nell'affermarci che in alcuni luoghi in Torre del Greco, gli aeriformi che uscivano dalle mofete si accendevano all'appressarsi della fiamma e talora anche spontaneamente, ma a noi non mai venne fatto di verificare questo fenomeno, ad onta di esserci continuamente giovati di un lume acceso per la esplorazione delle mofete, e sempre ci avvenne di vederlo spegnere per la eccedenza dell'acido carbonico, il quale usciva dal suolo con impeto talvolta sì forte da sollevare grandi lastre di pietra o rompere i battuti che formavano il pavimento delle stanze terrene.

Verso la fine di Dicembre una delle sorgive di acqua, fatta acidola come parecchie altre, presso al lido del mare acquistò una temperatura di circa 33° centigradi e dopo pochi giorni a piccola distanza avvertivasi nel suolo tra le scorie delle lave del 1794 una temperatura di 28°, la quale si elevò gradatamente fino a 47,5 verso la fine di Gennaio, con fumo che aveva il medesimo odore delle mofete.

Le bocche già esistenti al sommo del gran cono vesuviano che non annunziarono il cominciamento della eruzione; ma si rianimarono parecchie ore dopo cominciato l'incendio alla base del monte, furono le sole a rimanere in attività per lungo tempo dopo spento il fuoco delle nuove bocche, le quali tornarono in calma in meno di due giorni; imperocchè quei crateri del gran cono, tranne alcuni giorni di riposo, non cessarono quasi mai di dare copioso fumo con cenere a più riprese, ed ogni nuova emissione di cenere fu sempre preceduta e spesso anche accompagnata da moti negli aghi dell'apparecchio di variazione, e da scosse più o meno sensibili di terremoto registrate dal sismografo. Il fenomeno delle folgori si ripetè più volte, ma divenne sempre più raro e meno intenso.

Le nuove bocche presto ridotte a semplici fumarole presentarono per luugo tempo il consueto lavorio delle sublimazioni, nelle quali si distingueva il cloruro sodico, i soliti cloruri di

Digitized by Google

ferro, il ferro oligisto, la tenorite, l'acido borico, il solfato di calce, de'composti di maganese, di piombo ec. e lo zolfo. Tra i fluidi aeriformi notavasi l'acido cloroidrico, l'acido solforoso e l'idrogeno solforato insieme al vapore acqueo.

Le lave non mancarono di presentare le loro fumarole, ma in iscarso numero, tra le sublimazioni delle quali è degna di nota la frequenza del sale ammoniaco ben cristallizzato con una varietà tinta di un bel giallo d'ambra come quello che si raccolse nel 1839 e nel 1850: quel colore fu creduto provenire da un poco di cloruro di ferro, ma da'saggi per noi eseguiti la presenza del ferro non si è mostrata. A' fatti antecedentemente raccolti, specialmente negli anni 1858, 59 e 60, si aggiunge ancor questo per provare che al Vesuvio non si ha produzione di sale ammoniaco se non dove la lava percorre terreni coltivati o con vegetazione.

Le bocche superiori acquistarono una enorme profondità dopo alcuni giorni da che l'eruzione erasi manifestata alla base del monte, e poi pare che la lava cominciasse di nuovo ad elevarsi entro que'profondi baratri.

La presente conflagrazione vesuviana è stata singolare per la breve durata del fuoco e per la lunga emissione di cenere e fumo, non che per l'abbondanza e natura delle mofete. Notevole per la fenditura principale non mai forse così chiaramente manifestata, per le moltiplici fenditure minori, per la elevata temperatura presso al lido del mare ove si son viste fumarole, mofete ed acque termali nello stesso tempo. Il sollevamento del suolo è la prima volta che sia stato messo fuori dubbio in tempo di eruzione, ma certo non è la prima volta che sia avvenuto, perocchè gli storici del nostro vulcano, specialmente quelli del terribile incendio del 1631, son concordi nel dire che il mare si ritirò dal lido per 70 passi, e si presero pesci e molluschi in secco, il che certamente significa che il suolo si elevò; e poichè essi soggiungono che il mare dopo alcuni giorni tornò all'antico lido, noi avemmo ragione di credere che il suolo avesse dovuto di nuovo abbassarsi. Per la qual cosa prese con diligenza le misure dell'innalzamento, aspettammo per vedere se l'abbassamento si verificasse.

Favorita la Commissione dall'egregio Cavalier Firrao direttore

Digitized by Google

tore dell'Ufficio superiore dello stato maggiore della sezione di Napoli ha potuto assicurarsi del successivo abbassarsi del suolo. Imperciocchè ritenuto il sollevamento come chiaramente manifestato dalla zona della quale di sopra è detto, ed anco dall'essersi le rotaje della strada ferrata per un certo tratto tutte scostate, non era difficile fissare lo stato presente per dedurne il cangiamento che per avventura avrebbe potuto avverarsi. A conseguire questo scopo nel dì 30 Dicembre vicino al Granatello ove il suolo non era stato sollevato fu scelta una casa come punto di riscontro della livellazione da istituirsi; indi a media distanza tra il Granatello e Torre del Greco fu scelta un'isoletta donde fossero visibili la casa menzionata ed il lido di Torre ove presso alle acque termali fu scelto uno scoglio molto acconcio per servire di mira. Apparecchiate così le cose il dì 31 Dicembre dall'isoletta, mercè una livella a cannocchiale furono menate due visuali orizzontali, una alla casa vicino al Granatello e l'altra allo scoglio scelto di Torre, ed i punti in cui le visuali corrispondevano furono segnati con fasce bianche.

Nel dì 21 gennajo si tornò sulla detta isoletta e posto lo strumento nel medesimo sito ed alla medesima altezza, e dirette le due visuali come di sopra è detto, si trovò che quella menata al Granatello colpiva il mezzo della fascia bianca come nella prima osservazione, e l'altra rivolta sullo scoglio in Torre corrispondeva a $0^m,064$ più in alto; d'onde si conchinse di altrettanto essersi abbassato il suolo in quel punto di Torre dopo 21 giorno. Nel dì 12 Febbrajo si tornò per la terza volta sulla isoletta e menate le solite visuali, mentre quella diretta alla casa presso al Granatello colpiva il medesimo punto, l'altra volta allo scoglio di Torre cadeva a $0^m,200$ più in alto, onde il suolo erasi abbassato di altrettanto dal primitivo livello, cioè di $0^m,136$ nel periodo di 21 giorno. E non sarà inutile notare che dal 12 Febbrajo fino al dì 8 Marzo, cui corrisponde l'ultima osservazione, il suolo è rimasto senza più abbassarsi.

Quando le nuove bocche si ridussero in silenzio per dar luogo al consueto lavorio delle fumarole e delle sublimazioni, era agevole notare una maggiore attività di temperatura e di prodotti verso il mezzo della grande fenditura d'onde la lava era uscita, in paragone degli estremi ove le sublimazioni erano

Digitized by Google

più scarse e la temperatura meno elevata. Le ultime bocche verso l'estremo inferiore della fenditura davano ne' primi giorni dopo l'incendio maggior copia di fumo con molesto odore di acido solforoso, il quale sparve ne' dì seguenti e gli successe acido cloroidrico misto a molto vapore acqueo. Da questo punto in poi seguendo le minori fenditure che si dirigevano verso il mare, la temperatura rapidamente decresceva, e dopo la metà di Dicembre si cominciava ad avvertire un certo calore solo entro qualche fenditura del suolo in Torre del Greco, cioè un miglio lungi dalle bocche. Ma verso la fine del mese anzidetto la temperatura si elevò sensibilmente al lido del mare, perocchè l'acqua acidola di una delle sorgenti giungeva fino a 38° e poco più in alto tra le scorie delle lave del 1794 qualche giorno dopo aveasi insieme coll'acido carbonico, l'idrogeno carbonato ed il vapore acqueo una temperatura che giunse a 47°,5. Ai 30 del mese di gennajo era discesa a 45°, ma qualche giorno dopo s'innalzò di nuovo a 47: a' 13 Febbraio era a 40°, due giorni dopo a 42, per modo che nel dì 2 di Marzo era giunta a 38, e così è andata scemando con frequenti variazioni di aumento.

Il calore del suolo dunque manifestavasi in Torre del Greco dopo l'apparizione delle mofete, che tengonsi come indizio del termine delle grandi eruzioni (1); questo calore andò gradata-

(1) Le *mofete* sono generalmente sorgenti di acido carbonico che si manifestano verso la fine delle grandi eruzioni e per lo più alle falde del monte, cioè lungi dal centro o focolare dell'incendio; ecco perchè il Duca della Torre in proposito della terribile arsione del 1794 scrivea: *Non posso trascurare di avvertire che ne' luoghi alle falde del Vesuvio si osservano molte mofete le quali sogliono comparire dopo le strepitose eruzioni* (Lettera 2. ec.). Questa volta le mofete hanno presentato delle singolarità non ancora osservate, come la temperatura elevata in alcune, l'idrogeno carbonato ed altre materie emanate da esse. Vuolsi anche avvertire che ne' luoghi circostanti al Vesuvio ci ha delle mofete permanenti, come ne' *campi flegrei*; or tutte siffatte mofete Vesuviane si rinvigoriscono alla fine delle maggiori eruzioni. Quelle che noi diciamo permanenti, ne' tempi ordinarii non emettono sempre egualmente l'acido carbonico fino al punto di spegnere la fiamma, e non si può dire che cessino talvolta del tutto di emetterne, perchè mancano ordinate serie di analisi chimiche, le quali ci proponiamo di eseguire. Le mofete più elevate forse son quelle che abbiamo trovate questa volta poco lungi dalle bocche del 1794.

Digitized by Google

mente crescendo allorchè il fuoco delle nuove bocche era da gran tempo cessato ed il cono dava solo fumo con cenere in moderata quantità. La elevata temperatura del suolo mentre cominciò a manifestarsi al lido del mare nel punto più lontano dalle bocche venne poscia propagandosi entro terra a maggiori distanze dal lido in guisa che nel dì 2 di Marzo una grande estensione del suolo di Torre del Greco fumigava con temperatura di circa 30°, e nel dì 19 dello stesso mese l'acqua della fontana, che venendo da qualche distanza erasi mantenuta per lo innanzi ad una temperatura di circa 16°, erasi elevata a 25; il che induce a supporre un altro centro di calore e, direm pure, un conato di eruzione in un altro punto diverso da quello in cui si manifestò l'incendio, ma appartenente forse ad una medesima fenditura. Imperciocchè posta la cattiva conducibilità di quelle rocce pel calorico e posta la legge che a profondità crescenti in progressione aritmetica le temperature crescono in progressione geometrica, ne segue che ad una profondità non maggiore di 500 metri avrebbe dovuto trovarsi la temperatura delle lave fluenti.

Sia per altro come si voglia, il certo è che ora la temperatura del suolo sebbene distesa in ampio spazio è meno elevata di prima, l'acido carbonico è diminuito in proporzione con l'idrogeno carbonato, per cui le acque de' pozzi o non gorgogliano punto o debolissimamente; l'acqua della fontana è sensibilmente scemata ed il sapore acido quasi sparito restandole per altro tuttavia l'ingrato sapore di petrolio: quest'acqua in contatto dell'aria lascia prima un leggiero deposito bianco e poi un copioso deposito rosso che da prima non dava. L'acqua che esce al lido del mare, quella che gorgoglia nel mare stesso e quella della fontana sembrano, come appresso si dirà, della stessa natura ed aver subìte le stesse modificazioni. E qui vuolsi ricordare che prima del 1794 eravi in Torre del Greco un grosso ruscello col quale, secondo narra Ignazio Sorrentino poteansi animare quattro mulini (1); quest'acqua fu in gran parte sperduta

« (1) Quest'acqua quantunque ligata dalle fabbriche, e ristretta, forse « affine di rendere più comodo lo lavar dei panni alle nostre donne, ba- « stante sarebbe a macinare quattro mulini, se i nostri cittadini che dal « Regio Fisco la comprarono volessero impiegarvi 4 mila ducati per por-

Digitized by Google

dalle lave che in quel tempo coprirono una porzione della città, rimanendone solo il rivoletto della pubblica fontana, per cui sembra che i fluidi aeriformi ora abbiano spinta fuori una parte di quell'acqua che per occulti sentieri andavasi a scaricare nel mare, e che dal Sorrentino e da parecchi altri scrittori credesi essere conseguenza dello sperperamento del fiume Dragone che diè tanto da dire agli antichi storiografi del nostro vulcano.

Ove l'aria era tranquilla, le mofete nel mattino presentavano un curioso fenomeno, perocchè gli aeriformi si univano al vapore acqueo e formavano una graziosa falda di denso fumo che copriva il suolo fino all'altezza di $0^{m},6$ e che spariva con l'elevarsi del sole. Il fenomeno era cospicuo entro un vasto giardino cinto di mura che trovasi di rincontro alla *taverna del disperato*, ove raccogliemmo molti uccelli morti.

L'idrogeno carbonato è forse la prima volta che siasi mostrato, o almeno è la prima volta che siasi avvertito nelle mofete del Vesuvio: non vogliamo per altro omettere di notare, esser solito in que' luoghi manifestarsi del petrolio alla superficie del mare, siccome fu notato fin da' suoi tempi dal Paragallo. Entro la mofeta presso al mare ove si manifestò elevazione di temperatura dopo il riscaldamento dell'acqua, nel dì 19 di questo mese di Marzo il Professor Sebastiano De Luca, ch'era in nostra compagnia, trovò anche l'idrogeno solforato. Ma le mofete di Torre del Greco, lo ripetiamo, sono singolari, molte essendo di esse vere fumarole; ed infatti intorno a questa di cui parliamo raccogliemmo perfino delle sublimazioni.

Sei persone per quanto ci è noto perirono per cagione delle mofete, alcuni animali domestici, parecchi uccelli e molti pesci; questi ultimi perirono sorpresi in mare per un lungo tratto dal subitaneo svolgersi de' fluidi aeriformi disadatti o nocivi alla re-

« tarla a canaletti fino al territorio di Domenico Ceraso. Dove avrebbe il « suo declivio dall'altezza sufficiente della rupe, ed altre industrie ricavar « se ne potrebbero; così avvisandone alcuni maestri periti in tal mestiere: « onde dispostosi a ligarla nel suo luogo il Duca di Mongradone, allora « capitano della nostra Torre e sua comarca, atteso oggi ella regia si è, « apportò corruttela di tanta e tale malignità che tutti i nostri torresi am- « malaronsi, de' quali ne morirono al numero di ottocento, si sciolse poi « l'acqua e il Duca del suo peculio curò gl'infermi ». Sorrentino *Istoria del Monte Vesuvio*. Napoli 1794.

Digitized by Google

spirazione, ma quelli che si trovarono fuori di questa regione non osarono di penetrarvi, per cui ne' giorni seguenti non vedeansi venire nuovi pesci a galla sull' acqua, ma gli uccelli seguitavano a trovarsi morti nelle mofete di terra. I topi ed i gatti della parte inferiore di Torre del Greco sono tutti morti.

Data così un' idea generale dell' incendio, ci faremo ad esporre i fenomeni che concernono la meteorologia, la fisica terrestre e la geologia.

Abbiamo raccolte in un quadro le osservazioni meteorologiche fatte ne' mesi di Dicembre e Gennaio col riscontro delle scosse di terremoto e de' principali fenomeni che offriva il vulcano.

Se si avessero osservazioni contemporanee fatte a maggiore distanza dal vulcano potrebbe vedersi se l' incendio del quale parliamo avesse recati cangiamenti nella temperatura dell' aria, nella pressione atmosferica ec., ad ogni modo ad onta che le bocche fossero alla distanza di circa tre chilometri dall' Osservatorio, pure la temperatura del giorno 9 Dicembre pare più elevata di quello che avrebbe dovuto essere.

La elettricità atmosferica meritava una particolare attenzione.

L' apparizione delle folgori entro al fumo del Vesuvio è un fatto noto fin da' tempi di Plinio, ma poche ed imperfette osservazioni furono possibili finora, fatte con apparecchi che non ispirano alcuna confidenza. L' Osservatorio vesuviano offriva l'opportunità per questi studi, ma era mestieri di provvedersi di strumenti acconci che la scienza non possedeva. La invenzione dell'*elettrometro atmosferico a conduttore mobile* fu come un nuovo organo d'investigazione, la cui mercè la meteorologia elettrica si può dire veramente nata. Con questo nuovo apparecchio non solo molte leggi della elettricità atmosferica si vennero palesando ed antichi errori furono scoperti e combattuti, ma fu agevole investigare la origine di quelle folgori che spesso veggonsi guizzare in mezzo a' vortici di fumo cinereo spinto fuori dalle bocche del Vesuvio nel tempo delle più fragorose sue eruzioni. Nel 1855 fu possibile dall'Osservatorio assicurarsi che il fumo vien fuori con elettricità positiva più o meno forte secondo la maggior rapidità con la quale è spinto ed in ragione del

Digitized by Google

maggiore addensamento che soffre. Fu notato eziandio come la cenere cadendo porta elettricità negativa. Le stesse cose furono rifermate negli anni 1856, 1857 e 1858; ma in tutte queste conflagrazioni del nostro Vulcano non si ebbe grande impeto di fluidi aeriformi, non la vera formazione del pino, non que' boati strepitosi che accennano a gran copia di vapore acqueo dotato di enorme tensione. Le lave spesso uscivano con un'ammirabile tranquillità, prive per fino di un cono di eruzione o almeno di una bocca fumante. La cenere apparve più volte sì, ma in tenue quantità e fu di breve durata. Non si mancò con apparecchi portatili di accostarsi alle bocche, tanto alla base quanto alla cima del cono allorchè le azioni elettriche del fumo non faceansi sentire fino all'Osservatorio; ma questa volta l'incendio è stato piuttosto strepitoso, il fumo molto denso e spesso misto di copiosa cenere, le saette frequenti, sebbene non molto grandi. Per la qual cosa sonosi potuti fare quegli studii che la scienza richiedeva.

Prima di tutto, si credea da molti che le saette vesuviane accadessero in silenzio, sebbene si avessero parecchie testimonianze in contrario dagli storici delle passate eruzioni (1). Ora abbiamo potuto verificare la fallacia di questa credenza, perocchè sebbene da Napoli coteste folgori non facessero sentire alcun rumore, pure stando presso alle bocche inferiori, il dì 9 Dicembre, vedevamo le piccole saette guizzare in mezzo a' globi di fumo, ed ascoltavamo il rumore che facevano. La sera poi dall'Osservatorio si distingueva benissimo il rumore di quelle più vigorose e frequenti che si mostrarono nel fumo che usciva dalla cima del cono. Il rumore rassomigliava molto a quello di forte scintilla elettrica, e talvolta parea quello di due o tre pistole sparate immediatamente l'una dopo l'altra.

(1) Rocco Ascanio Lettera ec. Nap. 1632. — *Principio e progressi del fuoco del Vesuvio osservati giorno per giorno dalli 5 fino alli 25 di Luglio di quest' anno* 1660, opera rarissima di cui s' ignora l' autore.

Il Duca della Torre nella lettera di sopra citata scrive: *Era anche chiara la sua uscita* (parlando dell' elettricismo) *dalle viscere del Vulcano essendo il lampo distante dal rumore de' tuoni per* 40 *secondi.* Ricordiamo eziandio avere alcuni, come il Pilla, notato che le folgori vesuviane davano rumori senza muggito.

Digitized by Google

Venendo ora alle indicazioni sugli strumenti diremo, che quando il fumo usciva con forza spinto, come da ripetuti buffi violenti, a grande altezza, ad ogni scoppio corrispondeva una pronta indicazione di elettricità positiva come indotta sul conduttore mobile, per modo che in tali congiunture bastava tenerlo alquanto elevato per vedere il fenomeno. Sempre che questi globi di fumo misto di cenere erano grandi, più densi e menati con maggior impeto, si vedeano scaricarsi o verso quelli usciti dianzi, o verso il suolo sottoposto, il che accadea più di rado. In questo mentre nel primo caso aveasi un incremento di tensione positiva e nel secondo come per contraccolpo un' istantanea tensione negativa sull'elettrometro. Quando poi il fumo usciva in una maniera più uniforme, se il vento lo dirigeva verso l'Osservatorio, aveasi un sensibile e quasi uniforme incremento di elettricità positiva tanto più vigorosa per quanto più basso il fumo era menato dalla forza del vento.

Sempre che il fumo diretto sull'Osservatorio lasciava cadere la cenere, operando a conduttore mobile aveasi più scarsa elettricità positiva e qualche volta anche zero, ed a conduttore fisso tenuto basso si avea spesso elettricità negativa, specialmente se il conduttore invece di finire a globo terminava in un piatto metallico acconcio a raccogliere la cenere cadente. Ma quando avveniva che una corrente aerea superiore deviava il fumo dallo zenit ed un vento inferiore menava copiosa la cenere sull'Osservatorio, allora si avea forte elettricità negativa tanto a conduttore fisso quanto a conduttore mobile. Per la qual cosa pare che la cenere prenda elettricità negativa pel fatto del cadere dopo di aver perduta nell'ambiente la elettricità positiva che avea col fumo, onde se cade da piccola altezza, facilmente col cadere giunge solo a neutralizzare la elettricità positiva che avea.

Dalla storia de'più memorabili incendii del Vesuvio si raccoglie, che le folgori si ebbero tutte le volte che il fumo uscì copioso e con impeto, ma misto di cenere. Il fumo solo senza cenere dà forti segni di elettricità positiva nel suo primo apparire, ma per quanto ci è noto, non è mai solcato da folgori, le quali mancano del pari se il fumo sia spinto con forza moderata ed in copia non molto grande ancorchè misto di cenere.

Ma quale è la origine della elettricità nel fumo? Le recenti

Digitized by Google

sperienze fatte da uno di noi nello scorso anno e delle quali fu dato un annunzio nel *Nuovo Cimento* e negli Archivii delle scienze naturali di Ginevra, e che saranno per disteso pubblicate nel 2°. volume degli *annali* dell'Osservatorio vesuviano, provano ad evidenza come il vapore acqueo che si converte in liquido o si condensa, svolge elettricità positiva. Il vapore dunque che dallo stato aeriforme nell'interno del vulcano passa prontamente a denso fumo uscendo nell'aria, deve svolgere elettricità, ma questa ancorchè intensa si dissiperebbe in silenzio nell'umidità dell'ambiente formata del vapore precedentemente uscito, in quella guisa che dissipar si suole la elettricità che si svolge nella formazione delle nubi tra le quali non si vedrà mai il baleno se in qualche parte non si risolvano in pioggia, grandine, o neve.

Il fumo poi spinto in alto con impeto trova pel fatto stesso del salire un'altra ragione di prendere elettricità positiva, ne' tempi ordinarii, siccome avviene ad uno zampillo di acqua che si elevi all'aria libera; ma ciò che accrescer deve la tensione elettrica nel fumo e generare le folgori è la gran copia di sassi, lapilli e cenere che giunti ad una certa altezza, più o meno prontamente cadono: tutte queste materie aride pel fatto solo della caduta tendono a prendere elettricità negativa ed a svolgere elettricità positiva nel fumo onde si separano. Prendete in fatti un recipiente metallico isolato ad una certa altezza all'aria libera, empitelo di pallini di piombo e fate che questi cadano in un vaso metallico inferiore, il recipiente superiore annunzierà (ne'tempi ordinarii) elettricità positiva ed il vaso inferiore elettricità negativa. Per tutte queste cagioni il fumo acquisterà una maggiore tensione elettrica da potersi tradurre in iscariche luminose agevolate da'frammenti solidi che in esso si trovano. E veramente il guizzare delle folgori corrispondeva sempre con gli scoppi a violenti buffi, e però le scariche avvenivano o verso il fumo più lontano o verso il cratere sottoposto. La cenere in conseguenza sebbene assumesse elettricità positiva salendo pure pel tempo in cui resta sospesa in aria può ridursi in equilibrio con l'ambiente, e nel cadere assumere elettricità negativa. Per la qual cosa quando il fumo è allo zenit e lascia cader la cenere, si ha un conflitto di azioni opposte sugli strumenti ed è

Digitized by Google

agevole incontrare il caso di avere dal fumo elettricità positiva indotta sul conduttore mobile, e dalla cenere elettricità negativa comunicata al conduttore fisso che termini in superficie ampia e spianata. Non crediamo poi necessario far ricorso all'attrito mancando le condizioni d'isolamento richieste nelle macchine d'Armstrong.

Le invocate cagioni sembrano sufficienti alla spiegazione de' fatti senza far ricorso a supposizioni poco fondate. Il fumo delle fumarole per esempio con acidi diversi, della stessa natura di quello delle bocche, ma in via di risoluzione nell'aria e senza forte addensamento non ha mai dato segni di tensione elettrica, tranne il caso di artificiale raffreddamento ossia per distillazione, per cui non pare che si debba far ricorso alle cagioni chimiche.

I fenomeni di fisica terrestre che sembrano avere una più stretta attinenza con le forze per le quali il vulcano erompe in terribili conflagrazioni sono le perturbazioni o agitazioni degli aghi dell'apparecchio di variazione di Lamont, il solo strumento magnetico di grande squisitezza che l'Osservatorio possiede finora, e le commozioni del suolo segnate dal sismografo anche prima che sieno dall'uomo avvertite. Per ciò che concerne le oscillazioni degli aghi sembra che siano meccaniche e non dinamiche; ma per risolvere nettamente la quistione era mestieri di un riscontro con un ago non calamitato disposto come quelli dell'apparecchio di variazione; esso da qualche tempo è pronto, ma non è stato possibile collocarlo per mancanza di locale. Comunque sia, il moto degli aghi precede debolmente le indicazioni del sismografo elettro-magnetico, ma nel rimanente va con esso d'accordo.

Dando uno sguardo allo specchietto annesso alla presente relazione si vede come le scosse abbiano sempre corrisposto con l'attività del Vulcano. Si scorge infatti come il suolo si agitava prima che una nuova fase eruttiva si manifestasse e tornava in calma quando questa finiva. È degno di nota, come delle scosse frequenti e meno intense segnassero il ritorno del Vulcano allo stato di quiete.

Ne' mesi di Febbraio e Marzo vi fu qualche leggiera scossa isolata col solito moto negli aghi dell'apparecchio di variazione

Digitized by Google

e sempre seguì qualche nuova emissione di fumo con cenere di brevissima durata. Ciò avvenne ne' giorni 12, 22, 26 e 28 del mese di Febbraio, e ne' giorni 6 e 22 di Marzo.

Dal 1855 finora il movimento durevole negli aghi dell' apparecchio di Lamont e le indicazioni, forse del medesimo genere, date dal sismografo elettromagnetico, sono i fenomeni che costantemente hanno preceduto ed accompagnato le conflagrazioni vesuviane, con una differenza che crediamo meritevole dell' attenzione de' cultori delle scienze naturali. E veramente ci ha delle eruzioni strepitose nelle quali i fluidi aeriformi vengono fuori con impeto, proiettando con forza sassi, lapilli e cenere, con rumori più o meno considerevoli, ancorchè non venga fuori dal cono la lava fluente, come pare che fossero state le prime arsioni del nostro Vesuvio, e quale fu senza dubbio quella del 1660: altre poi ce n' ha nelle quali si ha gran copia di lave ancorchè il monte sembri poco o nulla adirato, quale fu in gran parte quella del 1858 in cui sotto i nostri occhi si aprivano delle fenditure alla base del cono dalle quali sgorgavano copiose lave con poco fumo e senza alcuno strepito. Ci sono finalmente eruzioni nelle quali con l'impeto de' fluidi aeriformi corrisponde l'uscita delle lave, come fu quella del 1822. La minutissima sabbia però, la cenere, par che abbia mestieri di alcune peculiari condizioni per essere rigettata: così l'incendio del 1850 fu fragoroso, menò fuori gran copia di lava con immenso fumo ma senza cenere e quindi senza folgori, le quali si videro balenare in vece in mezzo al fumo dell' incendio del 1839 che per vigore somigliò quello del 1850. Ciò premesso, pare che il suolo si agiti più fortemente in occasione delle eruzioni nelle quali ci ha maggior copia ed impeto di fluidi aeriformi. E per fermo i primi giorni dell'incendio del 1855 furono segnalati da mediocri boati con proporzionata copia di fumo, ed il suolo che mostravasi fremente da due giorni prima, si mantenne in agitazione fino a che il fumo uscì con impeto ed i coni facevano rumori. Nel 1856 e 57 in cui vi fu perenne eruzione dalla sommità del cono, i fremiti del suolo corrispondevano con l'attività del vulcano, la quale ebbe fasi diverse, ma non si elevò al grado di un grande incendio; se non che le scosse divennero numerose e frequenti verso il mese

Digitized by Google

di Dicembre e durarono per molto tempo dopo, ma conviene ricordarsi che allora avvenne il memorabile terremoto di Basilicata, e fu singolare il vedere che alcune scosse che il sismografo segnava all'Osservatorio corrispondevano in tempo con quelle che più fortemente agitavano il suolo lucano, ed altre invece più vigorose al Vesuvio erano del tutto locali: così durarono le cose fino al 1°. Maggio del 1858 in cui numerose bocche in diversi luoghi apparvero l'una dopo l'altra alla base del cono e sul pendio del medesimo.

Le lave si videro allora sgorgare dal suolo con ammirevole tranquillità senza strepito e con poco fumo, per cui dopo qualche giorno vedevansi venir fuori di sotto le scorie senza poter più discernere il luogo vero della loro uscita che non era contrassegnato nè da un cono avventizio, nè da un cratere. In questa congiuntura sebbene le lave fossero copiose, pure il suolo era poco commosso; ed è bene notare che da quel momento il suolo di Basilicata ripigliò la sua calma.

Dalle osservazioni dunque fatte finora risulta che le forti agitazioni del suolo continue e crescenti sono indizio di eruzioni con grande svolgimento di fluidi aeriformi, con lava e senza, e per contro la emissione di lava tranquilla senza scoppi, senza boati e con poco fumo recano leggiero movimento nel suolo e sono più difficili a presagire.

Le scosse all'Osservatorio furono per la maggior parte ondulatorie, per lo più da SE. a NO. ma ce ne furono alcune sussultorie due delle quali le crediamo degne di peculiare attenzione, perchè ci sembrano rifermare l'esistenza del terremoto detto *pulsativo* dagli accademici napoletani che descrissero il terremoto del 1783. Stando dunque uno di noi in Resina la notte del 16 Dicembre intese urtarsi il pavimento di sotto come se da grosso maglio fosse stato colpito; il rumore dell'urto era cupo ed appena discernibile, ma la concussione violenta. Simile fenomeno fu un'altra volta notato all'Osservatorio ma meno cospicuo del primo; in ambo i casi il sismografo segnò un punto solo sulla carta e la limatura di ferro si trovò attaccata alla calamita verticale ordinata a dinotare il terremoto sussultorio. Non a torto dunque gli accademici napoletani vedendo una taverna sbalzata per intero dal luogo che occupava

Digitized by Google

e rimanere in piedi con pochi guasti, giudicarono la scossa della natura di quelle che abbiamo descritte e vi applicarono l'aggiunto di *pulsativa*.

La maggiore attività vulcanica ebbe luogo, siccome si disse, verso il mezzo della fessura, cioè nella 5ª e 6ª bocca cominciando dalla più elevata. Questa pare formata per isprofondamento della collina di tufo, avendo la maggior parte delle sue pareti verticali formate dal pretto tufo della detta collina, e solo inclinata quella contigua al cratere seguente coperta di scorie che sembrano rigettate da questo. Ciò non di meno non è irragionevole il supporre che i fluidi aeriformi avessero spinto il materiale soprapposto senza menar fuori materie incandescenti. Il certo è che nell'interno di questo cratere si affacciò la lava, la quale si vede a modo di filone penetrata entro la fenditura che si continua verso il monte senza giungere alla superficie. Egli è molto probabile che la collina si estendesse fino alla 4ª bocca, perocchè nell'interno di questa appariscono ancora i letti del tufo, ed alberi troncati presso alle radici, del pari che sugli orli della prima cavità. Il sedimento poi che separa le due bocche, dalle quali uscì propriamente la lava, è un ammasso di scorie probabilmente di quelle che menate in alto allo stato pastoso si saldano insieme cadendo e formano i coni di eruzione, i quali questa volta non si arrivarono a compiere, perocchè da prima furono spinte in alto e quindi ammucchiate le materie appartenenti alle vecchie formazioni soprapposte alle lave che venivano di sotto; dopo i frusti di lave menati a grande altezza, cadevano alquanto induriti ed a dati intervalli, onde non fu possibile compiere de' veri coni aguzzi in cima, come spesso interviene, ma si ebbero coni tronchi con perfetti crateri.

Dove l'impeto eruttivo fu più vigoroso, quivi gli orli dei crateri furono, come il sedimento del quale di sopra è detto, composti di maggior copia di frusti di lava incandescenti soprapposti ed ammucchiati, e però quivi ogni fenditura minore ed ogni spiraglio mostravano ne'giorni seguenti temperatura molto elevata e spesso vedevasi il fuoco. Quivi dunque aveansi fumarole più frequenti e più attive.

Le materie rigettate dalle nuove boeche furono in primo

Digitized by Google

luogo le rocce che formavano la collina che si squarciò, in secondo luogo i consueti brani di lava dell'indole di quella che percorse la campagna sottoposta e della quale discorreremo tra poco, in ultimo la cenere, la quale per più lungo tempo il Vulcano seguitò a menare dalla cima del cono principale. Le ceneri contengono sempre una parte solubile nell'acqua ed il resto, ch'è la cenere propriamente detta, è insolubile e pare composta de' medesimi silicati che formano le lave. La parte solubile questa volta riducevasi principalmente al sal marino, il quale sotto l'azione de' raggi solari floriva alla superficie e dava l'apparenza della cenere bianca della quale troviamo più volte fatta menzione dagli storici del Vesuvio. La cenere però talvolta ha un colore più fosco, talora più chiaro e rossiccio, e ce n'ha di quella ch'è nera come il ferro titanifero che si trova nelle arene del mare, ma di questa che si raccolse nel mese di Settembre del 1860 ora non se n'è avuta. Speriamo potere un giorno dare un'analisi comparativa delle ceneri che si conservano all'Osservatorio, non che delle lave uscite in diversi tempi dal Vesuvio.

I fluidi aeriformi finalmente che uscivano dalle bocche durante l'incendio non ci fu facile raccoglierli, anche pel breve tempo che si ebbe. Ma oltre al vapore acqueo, che come al solito trasportava il sal marino, si avvertiva l'odore dell'acido cloroidrico e verso la fine della fenditura quello dell'acido solforoso, siccome fu altrove notato.

Gli orli de' crateri ed i coni di eruzione sono in sulle prime del fosco colore delle scorie, ma poscia appariscono in essi numerose fumarole che li tapezzano de' più vaghi colori con le loro sublimazioni: ciò convenne appunto a' crateri de' quali parliamo, se non che il coloramento cospicuo e durevole verso il mezzo della fessura andava scemando verso gli estremi ove del tutto spariva. Entro alcune cavità ove scernevasi per molti giorni il fuoco vivo si trovava il sal marino, il ferro oligisto e la tenorite; con questa si accompagnavano talvolta de' prodotti amorfi di vario colore che erano mescugli di cloruri e solfati ove si scopriva co' noti riscontri chimici la presenza della soda, della potassa, del rame e del piombo. In proposito del piombo noi non sappiamo se coloro che ci precedettero in sif-

Digitized by Google

fatte investigazioni lo avessero cercato tra i prodotti delle fumarole delle bocche di eruzioni eccentriche e di quelle delle lave; il certo è che fino al 1855 non si conosceva altro che il cloruro di piombo acicolare (cotunnia) trovato pochissime volte presso le bocche al sommo del cono; ma nel 1855 uno di noi trovò la cotunnia in abbondanza tra le sublimazioni delle fumarole delle lave quasi sempre accompagnata dalla tenorite e talvolta dal sal marino che affettava una cristallizzazione acicolare, ma i lunghissimi aghi guardati con lente di forte ingrandimento si vedevano risultare di piccoli cubi disposti in serie.

Da quel tempo tra le molte sublimazioni di vario colore ci fu agevole scoprire il piombo in quelle frequenti miscele di cloruri e solfati diversi, che si raccolgono nelle fumarole e quindi anche nelle lave stesse cui appartenevano le fumarole generatrici di cotesti prodotti.

La cotunnia apparve in minor copia tra le sublimazioni delle lave del 1858, 59 e 60, ed il piombo si scopriva anche in altre sublimazioni. Per la qual cosa questa volta non abbiamo mancato di cercarlo, e lo abbiamo trovato appena in certe incrostazioni giallo-verdicce che accompagnano la tenorite.

I soliti cloruri di ferro si vedevano copiosi e con essi abbiamo trovato l'acido borico, ch'è la terza volta che si è veduto figurare tra le produzioni vesuviane, il gesso, il cloruro di manganese e lo zolfo piuttosto in abbondanza. I fluidi aeriformi di queste fumarole spesso cangiano e con essi anco la natura de' prodotti solidi. Notammo già sopra che dove ne' primi giorni avevamo trovato l'acido solforoso, nei giorni seguenti trovammo l'acido cloroidrico sempre misti a molto vapore acqueo. L'idrogeno solforato che verso gli orli del 6°. cratere manifestavasi chiaramente ne' primi giorni nelle fumarole ove si sublimava lo zolfo, sparve ne' dì seguenti sostituito dall'acido cloroidrico con poco acido solforoso. Le fumarole tanto presso le bocche quanto sulle lave, sebbene vadano gradatamente scemando di temperatura, pure patiscono talora delle sensibili variazioni di aumento. Spesso anche interviene che mentre alcune spariscono altre ne sorgono.

La lava è nera, contiene l'augite, raramente la mica e l'olivina; la leucite vi si può discernere appena con la lente:

Digitized by Google

spesso è tutta foracchiata di piccoli vacui sferici o compressi, ma ce n' ha di quella compatta con particolare splendore.

Le lave del 1855 furono in pari tempo pirosseniche e leucitiche; quelle che vennero fuori del vulcano dal 1856 fino al 1861 furono ricche di leuciti e l' augite vi era sommamente raro, queste invece sono di leucite quasi prive ed abbondano di augite. Le prime ebbero la scoria ora incoerente e come formata di grandi zolle, ed ora unita e continua, le seconde quasi sempre unita e di rado incoerente; queste ultime, incoerente fin da principio, il che ci è sembrato ancora più singolare, perocchè sempre abbiam veduto le lave presso alle bocche uscire senza scorie incoerenti a galla sulla parte pastosa, ma come una pasta che si copre di una crosta da prima pieghevole e sottile la quale più innanzi s' ingrossa e s' indurisce rompendosi in pezzi che galleggiano sulla parte che ancor dura in istato di fusione. Ancora non si ha un sufficiente numero di analisi chimiche delle lave specialmente fatte in modo comparativo secondo i diversi aspetti fisici e mineralogici che presentano. Le lave quasi esclusivamente leucitiche pare che meglio conservino lo stato pastoso e non si trasformino così facilmente in zolle di scorie incoerenti, ma si raffreddino a superficie unita in varie guise ripiegata e contorta. Vuolsi in ultimo notare che le lave di questo genere spandono pochissimo fumo quando scorrono, a differenza di quelle che dicemmo a zolle che fumano moltissimo, per modo che le prime, di giorno, innanzi ad una luce viva, da una certa distanza poco si discernono, ma queste si appalesano chiaramente per la gran copia di fumo che emanano. Sogliono anche le lave di questo genere allorchè cessano di scorrere presentare maggior numero di fumarole le quali in principio si dispongono agli orli delle lave dove prima esse si raffreddano formando degli argini a guisa delle morene delle ghiacciaie. La lava dell' ultima eruzione fu di questo genere, ma le fumarole in essa durarono poco e solo alcune in iscarso numero rimasero attive ed ancora durano. Le prime sublimazioni che si formano sulle fumarole delle lave sono quasi interamente di sal marino, al quale succedono altri prodotti se le fumarole non si spengono, altrimenti non oltrepassano questo periodo. Il sale ammoniaco suole mostrarsi

Digitized by Google

presto quandò vi sieno le condizioni opportune per la sua formazione, ma lo abbiamo sempre veduto succedere all'apparizione del sal marino. Fino a che le fumarole danno il sal marino non si avverte alcun odore di acido cloroidrico o di acido solforoso insieme col fumo, e lo stesso avviene con le sublimazioni di puro sale ammoniaco. Le fumarole delle ultime lave non sono andate oltre di questo periodo, per modo che le poche ancora attive sono tutte in una medesima regione e danno il sale ammoniaco ben cristallizzato, talora bianco, talora tinto in giallo.

Veniamo da ultimo alle mofete. Queste sono state oltremodo numerose, e svariate. Le prime a manifestarsi furono quelle della parte inferiore di Torre del Greco con le sottomarine estesissime che ne facevano la continuazione, e tutte pareano rappresentare la continuazione della fenditura di eruzione; ma ben presto l' acido carbonico si manifestò fuori di questa direzione in tutta la parte bassa della città: ogni pozzo ogni crepaccia del suolo, ogni stanza terrena, ogni giardino era una mofeta, o forse meglio una vasta regione che abbracciava la parte della città più contigua al mare con una grande estensione di suolo sottomarino era da reputare una sola ed immensa mofeta; onde in tutte le acque comprese in questa regione gorgogliavano i fluidi aeriformi e tutte erano acidole, ma oltrepassato il ponte si giungeva verso le lave che al lido del mare mostransi composte a prismi di basalte che non appartengono alla eruzione del 1794 e quivi presso al mare si trovano piccole sorgive di acqua dolce che punto non si è alterata; dicasi lo stesso de' pozzi appartenenti alla parte orientale verso il Purgatorio. Ne' primi giorni queste mofete non davano alcun odore e noi ci assicurammo solo della presenza dell'acido carbonico, ma l' odore di petrolio gradatamente manifestatosi chiamò l' attenzione di tutti sulla natura di quei fluidi aeriformi ne' quali il Deville prima di ogni altro ravvisò l' idrogeno carbonato, che secondo lo stesso geologo in mare cresceva in proporzione sull' acido carbonico quanto più si andava lungi dal lido.

Noi raccogliemmo i fluidi aeriformi delle mofete presso al lido del mare ove cominciò più tardi a manifestarsi nel suolo

Digitized by Google

elevazione di temperatura e sopra 100 volumi riportati alla temperatura 0° e sotto la pressione $0^{m},760$ sopra sette esperienze avemmo i risultamenti che seguono:

Acido carbonico	91
Idrogeno protocarbonato. . . .	3
Ossigeno	1
Azoto	4
Probabili vestigia d' idrogeno.	

La probabilità dell' idrogeno libero si argomenta da quello che ci occorse nel trattare con gli opportuni riscontri il mescuglio degli aeriformi raccolti, imperciocchè avendoli trattati prima con potassa caustica per farne assorbire l' acido carbonico e poi con acido pirogallico per toglier via l'ossigeno; l'aeriforme residuale fu trattato con cloro asciutto ed esposto alla luce diffusa; dopo due ore avemmo sensibile indizio di acido cloroidrico e l' acqua di calce non venne punto intorbidata. Dopo ciò l'aeriforme fu trattato con cloro umido e fu esposto alla luce diretta del sole, e si ebbero manifeste indicazioni di acido cloroidrico e di acido carbonico proveniente dall'idrogeno protocarbonato scomposto. Questo aeriforme bruciò con fiamma azzurrigna nè venne attratto da una soluzione di sottocloruro di rame.

L'acqua della fontana fu analizzata in sul finire del mese di Dicembre. Un litro di questa alla temperatura di 15° lasciava per residuo dopo l'evaporazione $1^{gr},357$. Essa era limpida di sapore acidulo razzente lievemente ferrigno con debole odore di nafta. Conteneva come corpi elettronegativi: acido carbonico, acido solforico e cloro, e come corpi elettropositivi: calce, magnesia, protossido di ferro e soda, le quali materie avrebbero per avventura potuto trovarsi combinate così:

Bicarbonato di calce — di magnesia — di protossido di ferro	materie predominanti
Cloruro di sodio	
Solfato di calce.	

V'erano poi vestigia di silice, di allumina e di nafta.

Digitized by Google

Dopo qualche tempo il bicarbonato di ferro parve diventare più abbondante e poscia l'acido carbonico divenne meno copioso. L'acqua della fontana di cui parliamo va a scaricarsi in mare dopo un tragitto di circa 200^{m} per un alveo scoperto, ora il fondo di questo verso la metà del mese di Gennajo si vide farsi rosso solo presso allo sbocco; poi questo deposito di ocra divenne più copioso e si accostò verso la fontana, ove è giunto, ma ci fu un tempo in cui l'acqua prima di sboccare nella fontana lasciava un deposito bianco poco considerevole e poscia questo spariva per dar luogo al copioso deposito rosso.

Il deposito bianco era solfato di allumina ed il rosso che lo seguiva componevasi di sesquiossido di ferro idrato, silice ed allumina.

È inutile il dire che la fontana era ed è tuttavia anch'essa una mofeta con emanazioni aeriformi simili alle altre descritte, sebbene quivi si affermi essersi vedute delle fiamme accostando una carta accesa ad un foro che trovasi nella parete di un casolare in cui termina l'acquidotto. Noi vedemmo un uomo cadere asfisso in questo casolare, ma trovammo che la fiamma vi si spegneva: l'analisi poi dimostrò che il detto aeriforme non differiva da quello delle altre mofete ad odore di petrolio di cui abbiamo innanzi discorso. Ne' principii di Marzo vedendo le mofete molto scemate di vigore curammo di investigare se l'acido carbonico si fosse ridotto in una proporzione diversa con gli altri fluidi aeriformi assorbiti dalla potassa, e trovammo che serbavano la stessa proporzione di prima.

Presa con una secchia l'acqua dalla cima di uno di quei monticelli, che come per gorgogliamento si elevavano in mezzo alle acque del mare, la trovammo al gusto più salata di quella che si prendeva più in là fuori del bollichìo; onde preparato un recipiente ad animelle e messolo in punta di una lunga pertica lo mantenemmo a forza entro lo zampillo sottomarino ad una profondità di cinque in sei metri e quivi fattolo aprire lo riempimmo d'acqua, la quale poscia sottoponemmo ad analisi, e la comparammo a quella raccolta nel mare ove più non si vedevano bolle o sonagli. Un litro della prima alla temperatura di 15° fatta evaporare diede per residuo 9^{gr}; 777, e la seconda 6^{gr}, 322. Quella conteneva in maggior copia i solfati e soprat-

Digitized by Google

tutto quello di soda con vestigia sensibili di ferro, mentre in questa predominavano i cloruri.

Raccolta una seconda volta dopo circa 20 giorni l'acqua dalla stessa vena ascendente e con mare anche più calmo, mostrò in generale i medesimi componenti; ma teneva in sospensione notevole quantità di sesquiossido di ferro idrato: si noti che, quando fu raccolta quest'acqua la seconda volta, era già da qualche giorno cominciato ad apparire il deposito ferruginoso nell'alveo che dalla fontana conduce l'acqua al mare.

L'acqua delle sorgive al lido del mare, non esclusa quella che divenne termale, si mostra della stessa natura di quella della fontana.

Nella mofeta che fu prima a riscaldarsi ed a spander fumo raccogliemmo alcune croste bianche a guisa di sublimazioni le quali erano composte di cloruro di sodio misto a poca quantità di protocloruro di ferro e di cloruro di magnesio. Più dentro, le scorie eran coperte di un leggiero rivestimento di color giallo: ne ponemmo alcune in acqua stillata e non vedemmo sciogliersi il materiale che le ricopriva; allora aggiungemmo all'acqua un poco d'acido nitrico, ma il giallo ancora sussisteva. Esaminammo allora il liquido e vedemmo che dava precipitato col nitrato di argento e col cloruro di bario, poi con l'ammoniaca e col cianuro giallo di potassio mostrava la presenza del ferro; e finalmente al solfuro ammonico fatto scendere a gocce per le pareti del bicchiere vedevansi apparire precipitati diversi che non agitando il liquido si distinguevano in nero, verde e bianco con sviluppo d'idrogeno solforato.

Volgemmo allora il dardo della fiamma sulle incrostazioni gialle tuttavia esistenti e la fiamma cerulea con odore soffocante manifestava la esistenza dello zolfo, il quale solvevasi interamente nel solfuro di carbone, e mostrava così la sua provenienza dal solfido idrico. Fra queste scorie dunque si ebbe emissione di acido carbonico, d'idrogeno carbonato, d'idrogeno solforato, di vapore di petrolio e di vapore acqueo, con sublimazioni di cloruri e solfati e perfino di zolfo ad elevata temperatura: ecco dunque un fenomeno singolare pel Vesuvio: ad una grande distanza dal focolare dell'incendio, mentre si mostrano come al solito le mofete con emanazioni di puro acido

Digitized by Google

carbonico, la temperatura si eleva; col vapore acqueo si uniscono fluidi aeriformi diversi, tra quali l'idrogeno solforato, e si raccolgono sublimazioni proprie delle fumarole di grande attività vulcanica.

Le acque de' pozzi sono ora di molto scemate ed in alcuni del tutto sparite, di maniera che il fenomeno uso a precedere le grandi eruzioni questa volta è comparso come un fatto postumo. In questi ultimi giorni le sorgive al lido del mare quantunque svolgano tuttavia acido carbonico, siano di sapore acido e facciano arrossire la carta di tornasole, pure si spogliano anch' esse del ferro per cui sonosi fatti rossi tutti gli scogli vicini.

In S. Maria del Principio ci ha una di quelle mofete che dicemmo permanenti, la quale suole dare maggior copia di acido carbonico quando spirano i venti meridionali; questa volta essa ha acquistata una vigoria straordinaria, ma alquanto dopo l'apparizione delle altre mofete; e gli aeriformi hanno grandemente nociuto alle piante de' giardini che circondano la chiesa, per cui si vedono seccati agrumi, fichi, gelsi, fiori ed erbe di ogni genere, ed a quando a quando in mezzo a tanta desolazione veggonsi delle macchie verdi ch'è una maraviglia.

Avevamo già dato alle stampe le cose di sopra narrate quando il dì 31 di Marzo ci venne fatto di ripetere la livellazione del suolo dall' isoletta della quale di sopra è detto, e trovammo che il suolo di Torre del Greco dopo la sosta indicata ha ricominciato ad abbassarsi, essendo disceso dopo l' antecedente osservazione di altri 41 millimetro, per cui si ha finora un abbassamento di $0^m,341$.

Per non ritardare ulteriormente la pubblicazione del nostro lavoro, siamo costretti a terminarlo prima che i fenomeni appartenenti all'incendio che abbiamo descritto fossero del tutto finiti, proponendoci di pubblicare, se sarà necessario, qualche supplemento a questa relazione. Al momento in cui mandiamo queste ultime linee alle stampe, il cratere superiore manda di raro qualche globo di fumo con piccola quantità di cenere, i nuovi crateri continuano con languore il lavorio delle sublimazioni, le poche fumarole delle lave danno tuttavia poco sale ammoniaco, le mofete di Torre del Greco continuano, ma de-

Digitized by Google

bolmente le loro emanazioni di acido carbonico, idrogeno carbonato e solfido idrico con piccole sublimazioni. Il solfido idrico si svolge anche in alcune acque, ma non si ravvisa tra gli aeriformi che si sprigionano dal fondo del mare, nè dall' acqua della fontana. Il suolo è in via di abbassamento e la sua temperatura anco discende. L' acqua della fontana ch' è stata l' ultima a riscaldarsi conserva tuttavia la temperatura di 25 in 26°. Presso al lido del mare verso la parte occidentale del ponte si è in questi giorni cavato un pozzo nel tufo, ed a piccola profondità si è trovata acqua potabile bellissima senz' ombra di mofeta, mentre dalla parte opposta del ponte sta una cantina meno profonda del pozzo anzidetto nella quale non si può discendere per la gran copia di acido carbonico che vi si svolge. Le scosse di terremoto finalmente di quando in quando si avverano all' Osservatorio ove sono registrate nel sismografo.

Napoli, 14 Aprile 1862.

FINE DEL VOLUME XV.

Digitized by Google

Digitized by Google

INDICE

MEMORIE ORIGINALI

Sul meccanismo della visione — Angelo Vittadini . . . . . *pag.* 5

Avvisatore elettrico delle locomotive; sistema del Luogo-tenente d'artiglieria Eugenio Vincenzi . . . . . » 30

Continuazione e fine della Memoria: Sopra alcuni punti della teoria della costruzione dei generatori di vapore — Prof. Giovanni Codazza . . . . . » 40

Sopra alcuni punti della teoria della forza motrice del calore — Prof. Giovanni Codazza . . . . . » 61

Eruzione del Vesuvio del giorno 8 Dicembre 1859 — Prof. Giordano » 82

Ricerche sul magnetismo terrestre — Paolo Frisiani . . . . . » 95

Continuazione e fine della Memoria: Sulle forme cristalline di alcuni sali derivati dall'ammoniaca — Quintino Sella . . . . . » 145

Sulle oscillazioni regolari diurne del barometro — A. Serpieri . . « 161

Di alcune maniere di applicare l'elettricità ad una persona isolata, con avvertenze circa l'uso della boccia di Leida nello scuotere le persone, e relazione di cure eseguite coll'elettricità somministrata dalla macchina elettrica — Prof. Stefano Marianini. . . . . » 169

Lettera inedita di A. Volta, al Prof. *Vaselli-Eaudi* di Torino . . « 184

Della cura elettrica apprestata con notabili vantaggi ad un paraplegiaco, e dei fenomeni osservati nell'ultimo periodo di essa cura — Prof. Stefano Marianini . . . . . » 189

Digitized by Google

Delle relazioni tra alcune proprietà termiche ed altre proprietà fisiche dei corpi (*continuazione*). — Prof. G. CANTONI . . . *pag.* 226
Le terremare dell'Emilia; prima relazione — L. PIGORINI e P. STROBEL. . . . . » 252
D'un modo di fare profitto del flusso e riflusso del mare, col trarne un lavoro continuo — Prof. D. TURAZZA . . . . . » 272
Intorno alle strie degli spettri stellari — G. B. DONATI. . . . . » 292
Fatti per servire alla storia de' fluoruri — A. BORODIN . . . . . » 305
Fatti per servire alla storia del Benzile — A. BORODIN . . . . . » 314
Sull'azione dello zincoetile sul cloroiodoforme — A. BORODIN . . » 316
Sui cristalli aghiformi di ematina — E. OEHL . . . . . » 319
Bolide passato sopra Urbino la sera del 4 Giugno 1862 — A. SERPIERI . . . . . » 323
Delle relazioni tra alcune proprietà termiche ed altre proprietà fisiche dei corpi (*continuazione*) — G. CANTONI . . . . . » 324
Esperienze sulla velocità della elettricità, e sulla durata della scintilla — R. FELICI . . . . . » 339
Intorno alle strie degli spettri stellari (*continuazione e fine*) — G. B. DONATI . . . . . » 366
Sulle apparenze fisiche della Cometa V. del 1858 — G. B. DONATI. » 389
Intorno all'incendio del Vesuvio cominciato il dì 8 Dicembre 1861 — LUIGI PALMIERI . . . . . » 392

TRADUZIONI ED ESTRATTI

Del trasporto delle particelle materiali sotto l'azione elettrica — G. QUINCKE . . . . . » 29
Del passaggio dei raggi solari attraverso l'aria umida, e delle proprietà igroscopiche del salgemma — G. MAGNUS . . . . . » 89
Dell'eliminazione dell'urea e dell'acqua nell'urina dell'uomo in relazione col periodo del giorno, stagione, esercizio, alimento ec. ED. SMITH . . . . . » 91
Diffusione dei liquidi applicata all'analisi — Prof. GRAHAM . . . » 92

Digitized by Google

Trasformazione dell'idruro di benzoile in alcole benzoico — CH. FRIEDEL . . . . . *pag.* 221
Trasformazione dell'aldeide in alcole — AD. WURTZ. . . . . » 223
Determinazione dell'acido fosforico in presenza dell'ossido di ferro, dell'allumina e delle basi terrose — A. GIRARD. . . . . » 225
Sulla resistenza delle lastre di acciaio fuso della fabbrica *Petint* e *Gaudet*, e sul loro uso per le caldaie a vapore . . . . . » 265
Sull'equivalente meccanico del calore, e sulla densità del vapore d'acqua — RESAL . . . . . » 271
Acido ditartarico e disuccinico — H. SCHIFF. . . . . » 289
Influenza dei nervi del cuore sulla frequenza del polso — JAC. MOLESCHOTT . . . . . » 376

Digitized by Google

Digitized by Google

Fig 1.

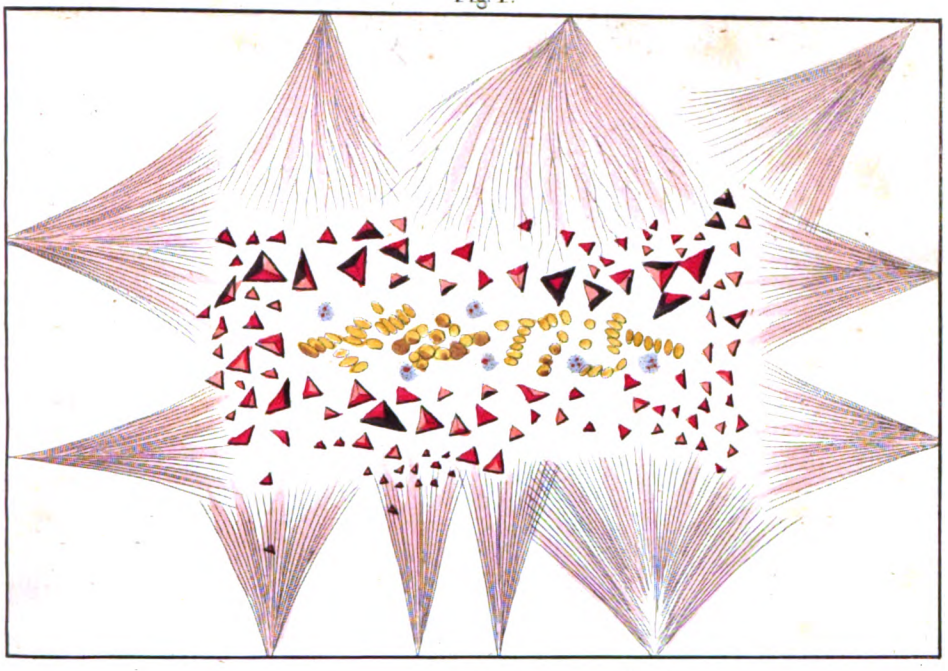
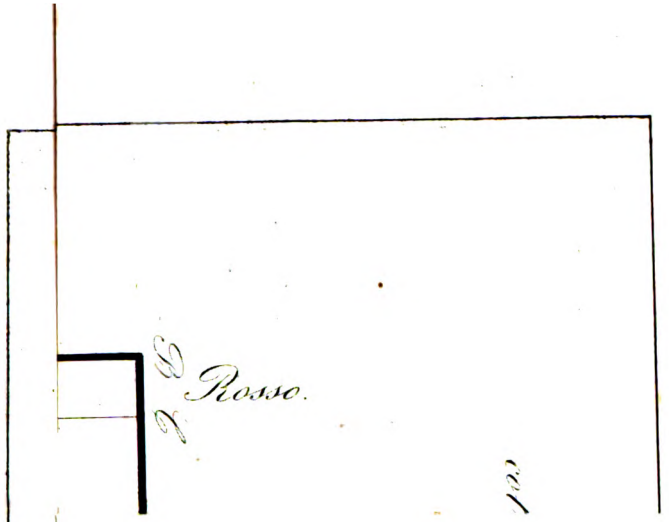


Fig 2.

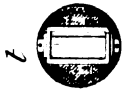
Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

SAPIENZA

Digitized by Google